



Solides des rejets pluviaux urbains : caractérisation et traitabilité

Ghassan Chebbo

► To cite this version:

Ghassan Chebbo. Solides des rejets pluviaux urbains : caractérisation et traitabilité. Hydrologie. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1992. Français. NNT : . pastel-00569043

HAL Id: pastel-00569043

<https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00569043>

Submitted on 24 Feb 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

80707



NS 17480 (2)
t.2



THESE

Présentée par

Ghassan CHEBBO



Pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE L'ECOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSEES

Spécialité : SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'ENVIRONNEMENT

SOLIDES DES REJETS PLUVIAUX URBAINS CARACTERISATION ET TRAITABILITE

ANNEXES

Soutenue le 20 mars 1992 devant le jury composé de :

M.	M. DESBORDES	Président
M.	D. THEVENOT	Rapporteur
M.	B. CHOCAT	Rapporteur
M.	V. MILISIC	Examineur
M.	M. VERBANCK	Examineur
M.	G. FAUP	Examineur
M.	B. LE GUENNEC	Examineur
M.	J.M. MOUCHEL	Examineur



ANNEXES

A : ANNEXES TEXTES

B : ANNEXES TABLEAUX

C : ANNEXES FIGURES

ANNEXES "TEXTES"

ANNEXE A1

**DESCRIPTION DES DEUX SITES :
PERINOT ET LES BROUILLARDS**

1. BASSIN DE RETENUE "PERINOT" – BORDEAUX

1.1. Localisation

Dans une partie du domaine Monséjour face à l'impasse "PERINOT".

1.2. Date de mise en service :

Mai 1984

1.3. Dimensions

- surface carrée : 100 x 100 m² (Figure 2)
- hauteur utile : 4 m
- capacité : 40 000 m³

1.4. Bassin versant correspondant

Le bassin de retenue "PERINOT" reçoit les eaux unitaires du bassin versant amont du "CAUDERAN".
Ce dernier a une superficie de 217 ha (surface totale du bassin versant CAUDERAN = 600 ha).

1.5. Caractéristiques diverses

1. Bassin enterré et à fond revêtu.

2. Bassin formé de trois compartiments de stockage communiquant entre eux par des déversoirs dont les seuils sont à des côtes différentes (figure 1) ; ce qui permet de n'utiliser, suivant les besoins du moment qu'un, deux ou trois de ces volumes. Ainsi, dans la majorité des cas, seul le compartiment central (n° 1) est rempli. Le compartiment n° 2 se remplit moins fréquemment et le 3ème n'a encore jamais servi.

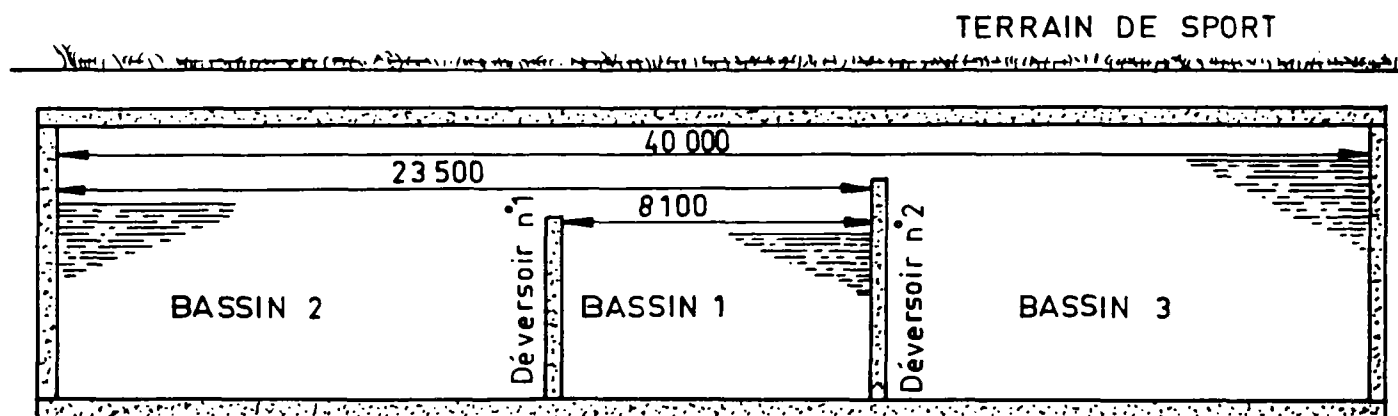


Figure 1 : Coupe du bassin de retenue PERINOT

3. Bassin muni d'un déversoir à son entrée.
4. Des sondes de niveaux sont installées, dans le bassin lui-même, ainsi qu'à l'intérieur des collecteurs. Ceci permet, par l'intermédiaire du réglage de l'ouverture des vannes, d'adapter le réseau aux besoins précis du moment au cas où une saturation commence à apparaître.
5. Par mesure de sécurité, toutes les vannes ont été doublées pour palier l'éventuelle défaillance d'une d'entre elles. En cas d'une panne des deux vannes en même temps, il a aussi été prévu une surverse de trop plein.
6. Des contraintes techniques du réseau aval exigent une vidange du bassin après quelques heures de décantation.
7. Le nettoyage du bassin s'effectue théoriquement au moyen d'engins spécifiques qui pourront entrer dans l'ouvrage grâce à une rampe d'accès.
8. Le bassin de retenue "PERINOT" est ventilé en permanence ; en plus, il a été doté d'une ventilation forcée mise en route avant chaque entrée d'une équipe de nettoyage, de sondes d'atmosphères déflagrantes et d'un réseau d'aspersion capable de diffuser instantanément, sous pression et dans tous les bassins de l'eau ou des produits appropriés.

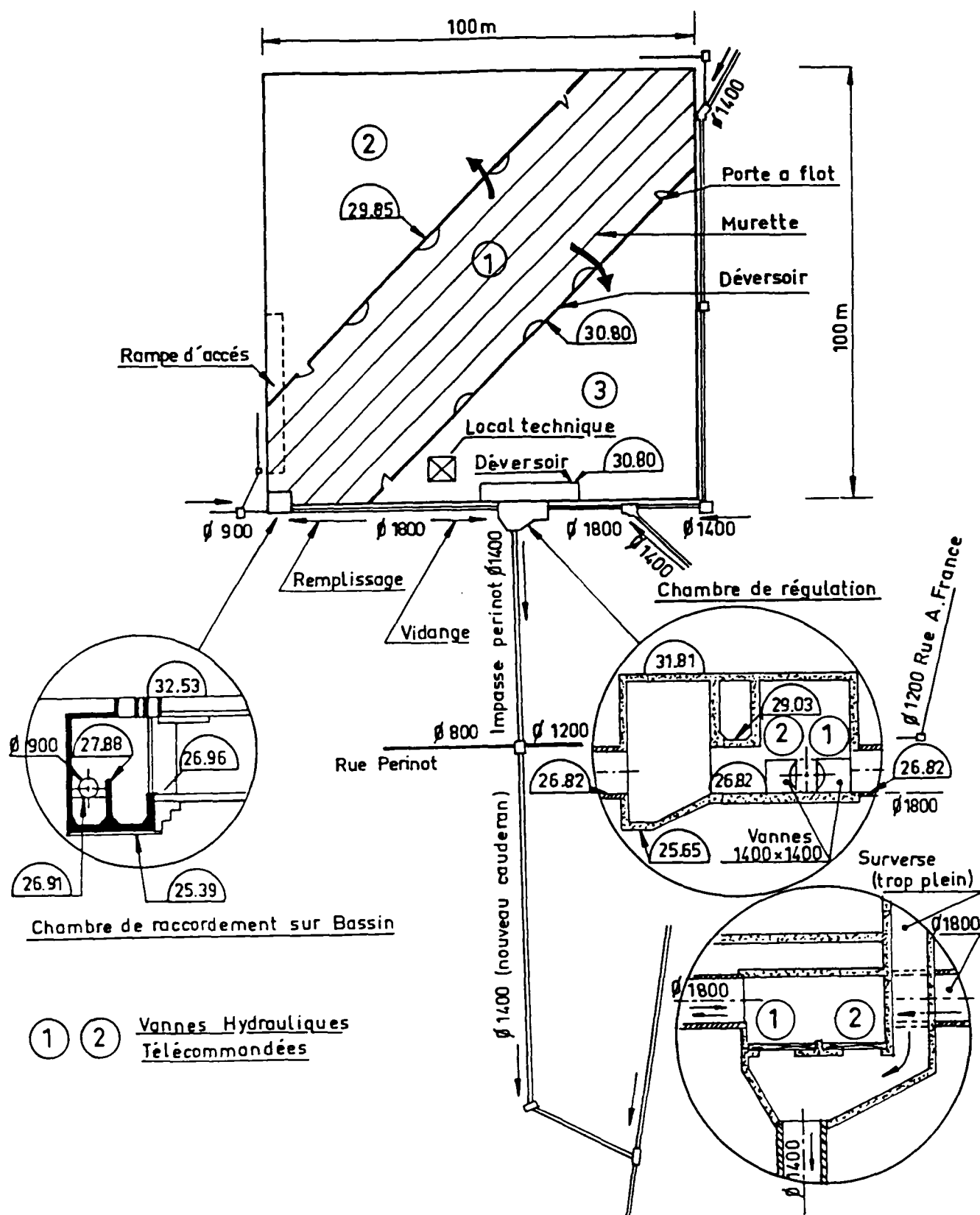


Figure 2 : Schéma du bassin de retenue PERINOT

1.6. LES BROUILLARDS

1.6.1 Situation

Le bassin de retenue "LES BROUILLARDS" occupe l'emplacement des anciens marais des brouillards (figure 3). La vieille mer, dont les eaux traversaient ces marais, est une ancienne rivière maintenant canalisée sur la presque totalité de son parcours en Seine Saint Denis.

1.6.2 Bassin versant de la "Vieille Mer"

1.6.2.1 Caractéristiques

Le bassin versant naturel de la "Vieille Mer" s'étend sur 350 km² en Ile de France.

Les apports par ruissellement en amont du bassin de retenue "LES BROUILLARDS" proviennent de deux sous bassins versants (figure 3) :

- * le premier, de 190 km² de superficie et situé sur le Val d'Oise ; il est drainé par le Croult et le petit Rosne

- * le second s'étend approximativement sur 70 km². Il est localisé sur le Val d'Oise et la Seine Saint Denis. Les eaux pluviales sont évacuées par la Morée.

En admettant que les bassins de retenue existants permettraient d'abattre la quasi-totalité de la pollution des bassins versants situés en amont, le bassin versant à considérer dans le calcul de la pollution apportée par le ruissellement se réduit ainsi à :

1. sous bassin "Croult" : 7700 ha dont 1020 sont urbanisés
2. sous bassin "La Morée" : 610 ha répartis comme suit :
 - 125 ha urbanisés
 - 422 ha de type rural
 - 63 de type mixte

D'autre part, le collecteur la "Vieille Mer" draine aussi des eaux de temps sec. Ces eaux ont les caractéristiques suivantes :

- débit moyen : 1 m³/s
- MES : 65.2 mg/l
- DCO : 33 mg/l
- DBO₅ : 8.9 mg/l

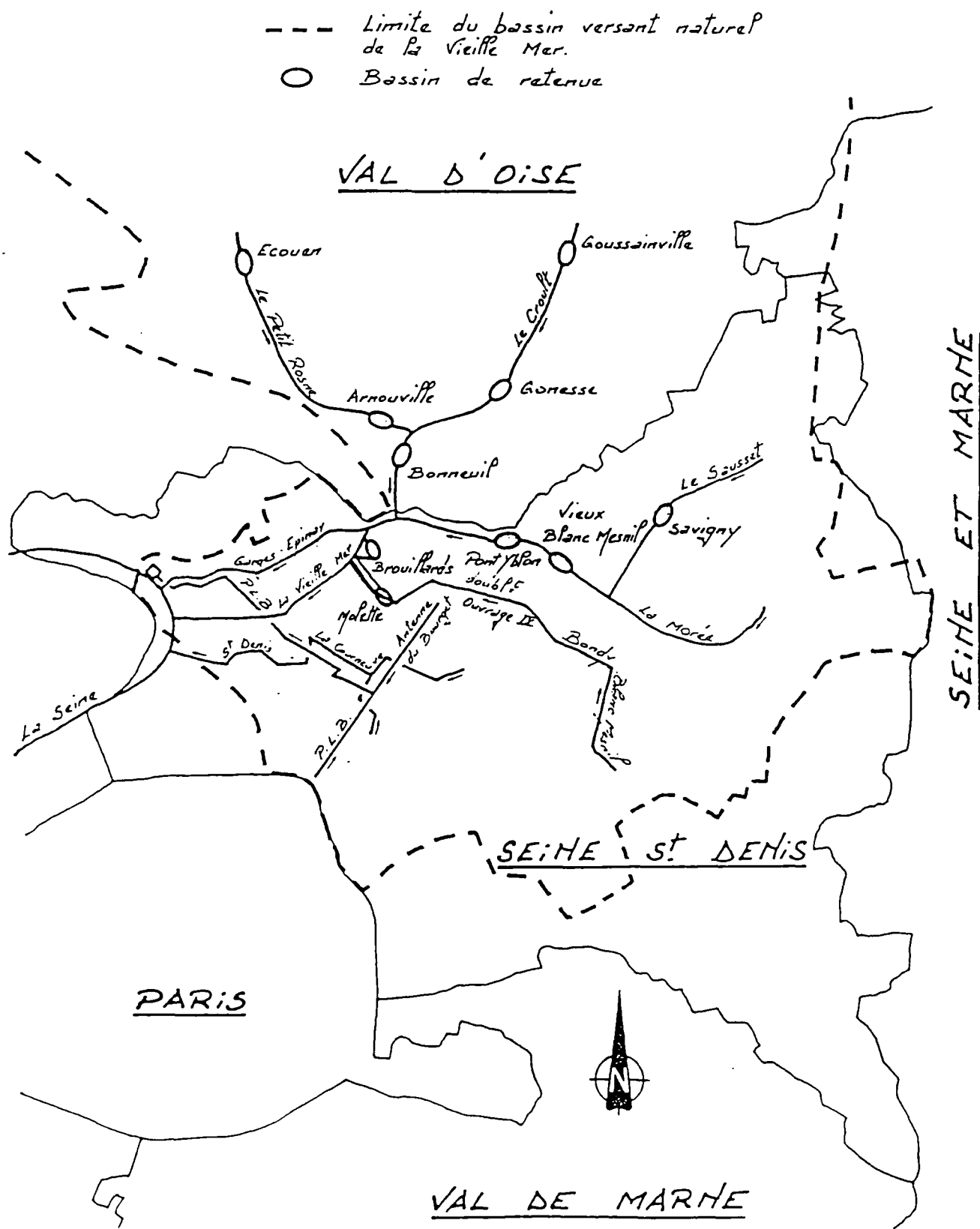


Figure 3 : Situation du bassin de retenue LES BROUILLARDS

1.6.2.2 Equipements pluviographiques

On dispose de deux points de mesure pluviométrique :

- * un pluviomètre, implanté sur la commune de Garges-les-Gonesses et appartenant à la Météorologie Nationale, sert d'indicateur pour le bassin du Croult. Toutefois, ce pluviomètre situé dans le sud du bassin considéré, n'est pas représentatif des pluies sur l'ensemble du bassin
- * un pluviographe installé à Villepinte et géré par la DDE 93, est jugé représentatif des précipitations pour le bassin versant de la Morée.

1.6.3 Bassin de retenue "LES BROUILLARDS"

1.6.3.1 Description (figure 4)

Le bassin est divisé en deux caissons placés en série et liés par un siphon. Le premier (capacité = 50 000 m³, superficie ≈ 3 ha) est revêtu, le second (capacité = 30 000 m³, superficie ≈ 2 ha) est en herbe.

Le second bassin est lié, par un siphon, au bassin en eau du parc départemental de La Courneuve. Ce dernier ne sera sollicité que lors des crues d'importance exceptionnelle ou dans le cas de conditions particulières de gestion.

La vidange des bassins vers la "Vieille Mer" se fait gravitairement.

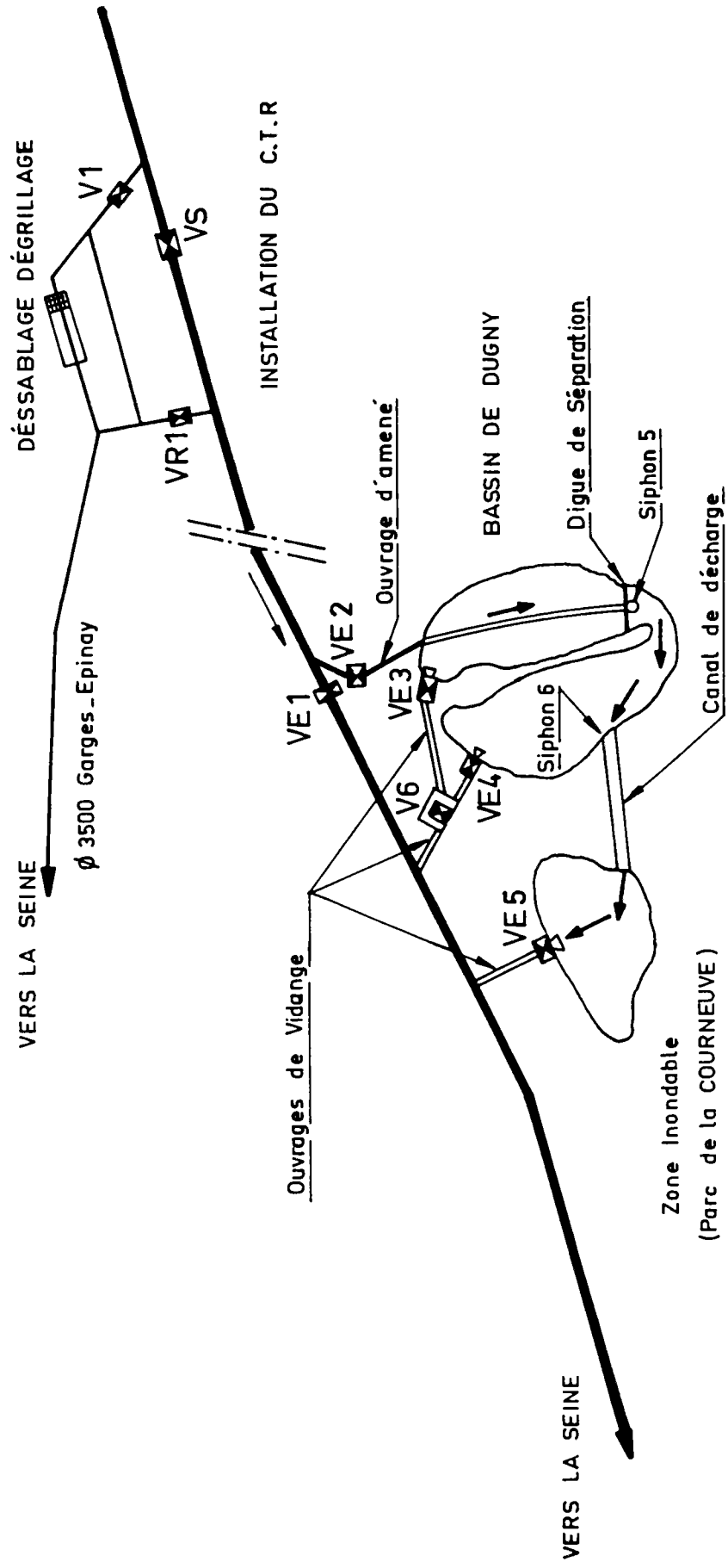
La proximité de la nappe phréatique a imposé la mise en place d'un matériau drainant et d'un réseau de drains, dont l'exutoire sera la "Vieille Mer".

1.6.3.2 Principe de fonctionnement

Un centre de traitement et de régulation (CTR) mis en service en 1982, permet au niveau hydraulique de répartir les eaux de la "Vieille Mer" entre le collecteur du Garges-Epinay, le bassin "LES BROUILLARDS" et l'aval du collecteur de la "Vieille Mer".

Le mode d'exploitation du bassin des BROUILLARDS s'intègre dans celui du CTR à Dugny. Les ouvrages d'alimentation, de régulation propres au bassin et au CTR figurent dans le schéma de la figure 4.

FIG: 4 SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DU BASSIN
DES BROUILLARDS A DUGNY



Nous pouvons distinguer :

* cinq vannes guillottes à servomoteurs électriques localisées comme suit :

. VE1 sur la "Vieille Mer"

. VE2 sur le canal d'amenée vers la première partie du bassin DES BROUILLARDS (bassin n° 1)

Les vannes VE1 et VE2 contrôlent l'ouvrage de prise d'eau sur le "Vieille Mer".

. VE3 et VE4 qui régulent l'ouverture des ouvrages de vidange des deux compartiments du bassins des BROUILLARDS

. VE5 qui contrôle la vidange du bassin en eau aménagé en zone inondable.

Le servomoteur qui équipe ces vannes permet leur déplacement à vitesse constante. Ce mouvement s'effectue en tout ou rien (arrêt – ouverture – fermeture).

* une vanne secteur de régulation à vérin oléique

. V6 qui régule la vidange simultanée ou non suivant la position des vannes VE3 et VE4 des deux compartiments du bassin de retenue

* deux siphons de communication régulant les débits

. entre le premier compartiment du bassin et le deuxième (siphon n°5)

. entre le deuxième compartiment et la zone inondable (siphon n°6). Un canal de décharge à ciel ouvert assure la liaison entre ces deux sous-unités

Le mode de fonctionnement est à considérer compte tenu de l'interdépendance hydraulique avec le CTR. Nous avons fait figurer les vannes V1, VS et Vr1 sur la figure 4.

Hors crues, les positions des vannes sont les suivantes :

. V1 est ouverte de façon à n'accepter qu'un débit de quelques m³/S

. VS, Vr1, VE1, VE3, VE4, VE5, V6 sont fermées

Les eaux de temps sec s'écoulent via le Garges-Epinay après le dégrillage et dessablage au CTR. Lors d'une crue, la vanne VS est ouverte dès que le débit dans la "Vieille Mer" dépasse celui qui est autorisé par la vanne V1 via les canaux du CTR.

Le bassin tel qu'il a été conçu permet d'adapter son fonctionnement suivant l'ampleur de la crue. Ainsi, différents modes d'utilisation sont possibles :

- utilisation du bassin n° 1 : la vidange se fera en ouvrant la vanne VE3 et en régulant un certain débit de fuite avec la vanne V6

- utilisation des bassins n° 1 et n° 2 : la vidange s'effectue en ouvrant les vannes VE3 et VE4. La vanne V6 régule de débit de fuite vers la "Vieille Mer"

- les bassins n° 1 et n° 2 étant remplis, la vanne Vr1 est ouverte pour détourner les eaux vers le Garges-Epinay. Si un certain débit de fuite est à ce moment acceptable dans la "Vieille Mer", celui-ci sera envoyé par ouverture de la vanne V6, les vannes VE3 et VE4 étant préalablement ouvertes

Dans le cas très exceptionnel où les bassins n° 1 et n° 2 étaient remplis et le Garges-Epinay saturé, la zone inondable serait sollicitée.

Un processeur de gestion, un mini-ordinateur SOLAR 16/40 de la SEMS, a été installé au CTR pour assurer l'exploitation du CTR et du bassin des BROUILLARDS.

Différents types de mesures (hauteur, vitesse, débit, position de vannes) sont gérés par un logiciel d'exploitation. Ce dernier a été élaboré afin d'assurer l'acquisition des données, leurs archivages, leurs traitements, la signalisation et les télécommandes nécessaires.

ANNEXE A2
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE
SUR LES METAUX LOURDS (Pb, Zn et Cd)
EN MILIEU AQUEUX

1. LES METAUX LOURDS EN MILIEUX AQUEUX

Les métaux lourds en milieu aqueux peuvent se maintenir à l'état soluble ou se lier aux particules solides en suspension ou en dépôt.

La mobilité d'un micropolluant et son transfert dans le réseau trophique dépend de cette répartition liquide-solide mais aussi du type de liaison contractée par le métal.

Beaucoup de facteurs interviennent pour déterminer les liaisons des métaux avec les particules et les formes chimiques qu'ils adoptent tant en pleine eau que dans les sédiments. Parmi les plus importants, on peut citer : les facteurs physico-chimiques du milieu (salinité, pH, potentiel redox (Eh), concentrations en MES et agents complexants, ...), l'activité biologique et les propriétés chimiques de l'élément considéré.

1.1. Métaux dissous

On considère comme métaux dissous ceux qui traversent une membrane de porosité $0.45 \mu\text{m}$.

Le nombre des études portant sur les formes chimiques des métaux dissous (le tableau 1 présente une partie de ces études) dépasse de loin celui des études portant sur les formes chimiques des métaux associés à la phase particulaire [BERTRAND P., 1980]. Ce plus grand intérêt s'explique aisément par :

- leur plus grande vitesse de transfert dans le milieu naturel
- leur plus grande aptitude à s'intégrer dans la matière vivante et à franchir les différents procédés de traitement
- leur participation active à l'équilibre général du système
- le fait qu'ils sont souvent la première forme adoptée par un polluant métallique lors de son arrivée dans le milieu aquatique

Les formes chimiques des métaux dissous peuvent être classées suivant plusieurs types. BATLEY G.E. et FLORENCE T.H. (1976) [cité dans BERTRAND P., 1980], distinguent sur des critères méthodologiques les formes "labiles" (libres ou complexes faibles) ou "peu labiles" (complexes forts). BERTRAND P. (1980) parle de 4 grandes catégories d'espèces dissoutes (tableau 1) :

- ions métalliques libres
- complexes inorganiques
- complexes organiques
- métaux liés aux colloïdes

Nature spécifique	Espèce chimique	Auteurs
Ions libres	Cations métalliques	
Complexes inorganiques	Chlorures Sulfates Hydroxydes Carbonates Bicarbonates	dans BERNHARD et al., (1975) : (ZIRINO et al., 1972 ; DRYSEN et al., 1974) ODIER et al., 1971 DUURSMA et al., 1966 BARIC et al., 1967 LONG et al., 1977
	Phosphates Fluorures Sulfures	BATLEY et al., 1975 ODIER et al., 1971 BROOKS et al., 1968
Complexes organiques	humiques fulviques	REUTER et al., 1977 WILSON et al., 1977 BUFFLE et al., 1974
	nitrilo-acétiques	GREGOR et al., 1972 BANAT et al., 1974
	en général	DUINKER et al., 1977 DUURSMA et al., 1966
Métaux liés aux colloïdes	Oxydes de Fe et de Mn colloïdaux	TAUZIN, 1974 MARTIN et al., 1976 DUINKER et al., 1975
	Silice dissoute	WILLEY, 1977

Tableau 1 : Principales formes chimiques des métaux en solution dans les eaux naturelles
[BERTRAND P., 1980]

1.2. Métaux liés à la phase particulaire

En fonction de divers phénomènes biologiques et physico-chimiques, les micropolluants présents dans la phase dissoute peuvent s'associer rapidement aux matières en suspension et donc après décantation aux sédiments de fond (tableau 2).

Support de fixation	Nature de fixation
Débris minéraux (principalement silicates)	Métal complexé le plus souvent sous forme inerte
Carbonates Sulfures Hydroxydes	Précipitation due à un taux supérieur au taux de solubilité maximum
Minéraux argileux	Adsorption physique (attraction élec.) Adsorption chimique échange H dans SiOH, AlOH et Al (OH) ₂
Bitumes, lipides substances humiques résidus organiques	Adsorption physique Adsorption chimique (COOH et OH) Complexes
Hydroxydes de Fer et de Manganèse	Adsorption physique Adsorption chimique Coprécipitation par excès
Carbonates de calcium	Adsorption physique Pseudomorphisme (concentration et temps) Coprécipitation

Tableau 2 : Principaux supports susceptibles de fixer les métaux
[WELTE B., BLES N., MONTIEL A., 1983]

L'association des métaux lourds aux particules solides peut se faire suivant plusieurs mécanismes :

1. phénomènes de sorption qui peuvent être de trois types

- sorption physique due à des phénomènes d'attraction électrique
- sorption chimique et échange ionique : ces deux formes de liaisons se font par des forces de valence. On parle d'échange ionique à chaque fois qu'un ion enlevé à la solution est remplacé par un autre ion ou une capacité ionique équivalente, tandis que la sorption chimique peut se faire sans respecter l'échange. En fait, les deux phénomènes se produisent simultanément et sont difficiles à distinguer [MEGUELLATI N., 1982]. Comparés à la sorption physique, ces deux types de liaisons mettent en jeu des énergies beaucoup plus élevées (quelques dizaines de Kcal/mole contre quelques Kcal/mole pour la sorption physique).

2. Précipitations et coprécipitations avec les oxydes de Fer et de Manganèse

Sous certaines conditions (Ph et Eh), et lorsque le produit de solubilité est dépassé, les micropolluants métalliques peuvent précipiter, par exemple sous forme d'oxydes et d'hydroxydes insolubles.

3. Formation des complexes : ceux-ci peuvent être de deux types :

- complexes inorganiques dont les plus courants sont : chlorures, sulfates, hydroxydes, carbonates, bicarbonates, phosphates et sulfures [BERTRAND P., 1980]
- complexes organiques : en présence des matières humiques, l'élément métallique peut se fixer par une ou plusieurs liaisons de valence [BRILHANTE O.M., 1990]

Selon le type de liaison métaux-sédiment rencontré (simple adsorption physique, liaisons chimiques par pont d'hydrogène, échange ionique, complexes unidentales ou multidentales) la fixation peut être plus ou moins stable, le relargage de leurs cations métalliques pouvant s'effectuer par simple échange d'ions ou par destruction du support qui les retient.

4. Incorporation dans les minéraux cristallisés

La pénétration des ions métalliques dans la masse des constituants du sédiment peut se faire :

- par substitution isomorphique dans les réseaux cristallins des minéraux (argiles, hydroxydes, sulfures, carbonates) [TISON A., 1985]
- par incorporation à la matière constitutive des organismes vivants avant leur mort [FAUCON N., 1987]

Les liaisons intercristallines sont très stables. Ils ne réagissent que très faiblement aux sollicitations physico-chimiques environnementales [BERTRAND P., 1980].

1.3. Conclusion

Nous avons dressé dans ce paragraphe un panorama rapide des divers états des métaux lourds en milieux aqueux.

Nous avons abordé le problème du point de vue chimique. Mais nous n'oublions pas que notre objectif essentiel à travers cette étude est de pouvoir aboutir à des informations susceptibles de nous guider sur la disponibilité des métaux pour les êtres vivants.

Partant de là, 2 remarques importantes sont à formuler :

1. le schéma de spéciation adopté (voir chapitre 4) permet de consacrer une attention particulière à l'étude de la phase solide et ceci malgré le fait que les métaux dissous représentent la part des métaux la plus accessible aux êtres vivants et sont donc considérés comme les plus dangereux.

Cet intérêt porté aux particules solides est du au fait qu'ils sont le vecteur largement dominant de la pollution métallique des rejets pluviaux urbains et que ce stock pourra se libérer et passer en solution, en cas de modification des conditions environnementales

2. afin de disposer d'informations directes permettant de prévoir d'éventuels échanges entre phases particulaires et dissoutes, nous séparons les espèces métalliques en fonction de leur degré de mobilité et non pas suivant leur support de fixation. En effet, le schéma de spéciation que nous utilisons comporte :

– 2 fractions pour les métaux dissous : métaux "labiles" (libres + complexes faibles) et peu labiles (complexes forts)

– 5 fractions pour les métaux particulaires cités par ordre de mobilité décroissante :

- . fraction échangeable
- . fraction acido-soluble
- . fraction réductible
- . fraction oxydable
- . fraction résiduelle

2. AFFINITES DES METAUX POUR LES CONSTITUANTS DES SEDIMENTS

2.1. Affinité avec les argiles [LEBRETON L., 1989]

Les argiles sont des silicates d'alumine plus ou moins hydratés à structure en feuillets [DUCHAUFOR P., 1954].

En raison de leurs tailles ($< 2 \mu\text{m}$ en majorité) [DUCHAUFOR P., 1954 – BERTRAND P., 1980] et de leur déficit en charges positives [LEBRETON L., 1989] les particules argileuses constituent un assez bon adsorbant pour les oligo-éléments métalliques.

Les associations métal argile peuvent avoir lieu de plusieurs façons [WELTE B., BLES N., MONTIEL A., 1983] :

- par substitution interne (compensation du déficit en charge interne)
- par liaison de bordure (surtout si la granulométrie est fine)
- par dissociation des hydroxydes (si le degré de cristallisation est faible)
- par liaison de "Van Der Waals" (adsorption de molécules plus que d'ions)

Ces différents types de liaisons se différencient au niveau de leurs stabilités et par conséquent de leurs possibilités de participation aux échanges "solides-liquides".

Le zinc a souvent tendance à remplacer le fer ou le magnésium (dans des positions structurales distinctes des silicates et oxydes). Le plomb dans les structures silicatés, remplace les ions mono- ou divalentes en particulier K^+ [LEBRETON L., 1989].

D'autre part, le cristal de silicate d'alumine constitue souvent le support d'autres éléments (gels de fer, d'aluminium, matières organiques...) [NIREL P., 1987 – ROBERT M., VENEAU G., ELSASS F., 1989] qui forment un revêtement.

La présence de ce revêtement diminue globalement les possibilités de fixation mais confère de nouvelles propriétés de chimisorption, donc de piégeage des métaux lourds [ROBERT M., VENEAU G., ELSASS F., 1989].

TESSIER et al. (1982) ont étudié la spéciation des métaux fixés sur les sédiments au fond des rivières. Ils ont établi des corrélations entre les différentes fractions mesurées (acido-soluble, réductible, oxydable, résiduelle) et les constituants de la matière solide. Ils ont conclu que les fractions de Pb, Zn et Cu libérées lors des différentes attaques ne proviennent pas de la fraction argileuse contenue dans les solides étudiés.

2.2. Affinités avec les hydroxydes de fer et oxydes de manganèse

Les oxydes et hydroxydes de fer et de manganèse sont un mélange d'hydroxyde ferrique amorphe ou oxyhydroxyde de manganèse et de composés cristallins tels que l'hématite et la goéte [BRILLANTE O.M., 1990].

Ces oxydes et hydroxydes constituent d'excellents pièges pour les métaux lourds [BERTRAND P., 1980 – BRILLANTE O.M., 1990 – FLORES-RODRIGUEZ J., 1990] (environ 300 m²/g de surface spécifique [LEBRETON L., 1989 – FLORES-RODRIGUEZ J., 1990]). Ils contractent avec eux des liaisons (de type "chimisorption") assez stables [LEBRETON L., 1989].

JAMES et HEALY d'après WELTE (1982) [BRILLANTE O.M., 1990] ont étudié la capacité d'échange de ces composés et ils ont proposés trois mécanismes :

- échange d'ions avec les protons de surface
- hydrolyse de surface des ions métalliques
- adsorption d'une suite d'espèces chimiques ...

Ces corps chimiques possèdent aussi des capacités d'adsorption [BRILLANTE O.M., 1990 – LEBRETON L., 1989] et, selon le pH, ils pourront fixer soit les anions (pH acide), soit les cations (pH basiques), soit les uns et les autres (pH neutre) [LEBRETON L., 1989].

Plusieurs études ont été effectuées pour étudier l'importance de la fixation des métaux lourds par les hydroxydes de fer et les oxydes de manganèse :

1. GADDE R.R et LAITINEN H.A.(1974) ont étudié, en laboratoire, l'adsorption du Pb, Zn et Cd sur les oxydes et hydroxydes de Fer (HFO) et le Manganèse (HMO). Ils ont abouti aux constats suivants :

- . Importance de l'adsorption: elle concerne par ordre décroissant le plomb, le zinc et le cadmium
- . Sélectivité : le HMO fixe tout d'abord le plomb, puis le zinc et enfin le cadmium
- . Effet de la concentration en ions métalliques : pour le zinc et le cadmium, le HMO atteint (à pH = 6) une capacité limite d'adsorption de 0.2-0.3 mole/mole HMO et ceci pour toute concentration en Zn²⁺ et Cd²⁺ supérieure à 1 mM. Par contre pour le Pb, l'adsorption n'a cessé d'augmenter et les auteurs n'ont pas réussi à atteindre une valeur limite même avec des concentrations en Pb²⁺ de 1.5 mM. Pour cette deuxième valeur, l'adsorption était de 0.56 mole/mole de HMO
- . Réversibilité de l'adsorption : l'agitation de HMO seul et ensuite du mélange HMO Plomb rend le processus d'adsorption faiblement irréversible. En effet, plus le temps d'agitation est important, plus les liaisons Pb-HMO semblent devenir stables. Cependant, ce phénomène ne prend de l'importance que si la durée d'agitation est de quelques jours à quelques semaines

2. DZOMBACK D.A. Et MOREL F.M.M. (1989) proposent dans leur ouvrage "Surface complexation modelling hydrous ferric oxide" les valeurs suivantes pour la constante d'affinité (K_1) des métaux lourds avec l'hydroxyde de fer :

$$\cdot \text{Pb}^{2+} : \log K_1 = 4,65 \pm 0.14$$

$$\cdot \text{Zn}^{2+} : \log K_1 = 0.99 \pm 0.02$$

$$\cdot \text{Cd}^{2+} : \log K_1 = 0.47 \pm 0.03$$

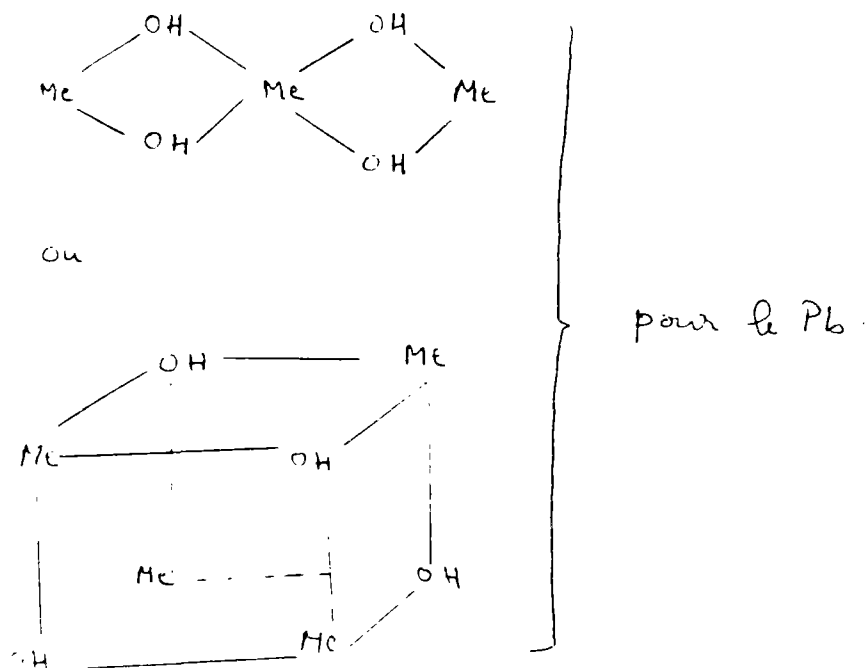
Le mécanisme de fixation adopté étant :



Ces valeurs montrent que, comparé au Zn^{2+} et Cd^{2+} , le Pb^{2+} est l'ion le mieux adsorbé et le plus fortement lié aux hydroxydes de Fer, ce qui concorde bien avec les résultats annoncés par GADDE R.R. et LAITINEN H.A. (1974) et discutés ci-avant.

3. STUMM W. et MORGAN J.J. (1981) présentent dans leur ouvrage "Aquatic chemistry" les formes chimiques que peuvent avoir les métaux lors de leurs complexations avec les groupes fonctionnels OH :

Me - OH - Me pour le Zn et le Cd



Il apparaît clairement que c'est le plomb qui est capable de faire des liaisons multidentales beaucoup plus stables que celles unidentales correspondants au Zn et au Cd.

4. BRILHANTE O.M. (1990) a trouvé que la contamination métallique d'un matériau (tous métaux confondus) est globalement corrélée avec la susceptibilité magnétique, individuellement le plomb est le métal le mieux corrélé.

5. HILDEBRAND E.E et BLUMM W.E. (1974) [cité dans FLORES-RODRIGUEZ J., 1990] ont observé une grande affinité du plomb pour les groupes OH et FeOOH cristallin. Ils ont proposé un échange d'ions entre le plomb et le proton de OH.
6. DUTKA (1987) [cité dans BRILHANTE O.M., 1990] a interprété les corrélations de traces de ces métaux (Cd, Pb, Cu) avec le fer et le manganèse comme une indication de leur association avec les oxydes de fer et de manganèse. Pour ANGINO et al. [cité dans BRILHANTE O.M., 1990] ces corrélations indiquent une coprécipitation de ces métaux avec les oxydes de Fe et Mn.
7. JENNE (1968) [cité dans BRILHANTE O.M., 1990] a conclu que les oxyhydroxydes de fer et de manganèse contrôlaient la fixation du manganèse, du fer, du plomb, du cobalt, du nickel, du cuivre et du zinc dans les sols. Les hydroxydes de fer adsorbent préférentiellement le Pb.
8. LINTON et al. (1980) ainsi que OLSON et SKOGERBAL (1975) [cités dans BRILHANTE O.M., 1990] ont montré une association entre les oxydes magnétiques et le plomb dans les particules des gaz d'échappement des automobiles.
9. HAMILTON R.S, REVITT D.M. et WARREN R.S. (1984) ont travaillé sur les sédiments des routes. Il a trouvé que les oxydes de fer et de manganèse peuvent exister dans les sédiments de bords de routes et qu'ils fixent avec les carbonates 70 % du Zn et du Cd.
10. TESSIER A. et al. (1982) ont étudié la spéciation du Pb, Zn et Cu des sédiments au fond des rivières. Ils ont établi des corrélations entre les différentes fractions métalliques et les constituants des particules solides. Ils ont constaté que les fractions acido-soluble, réductible et résiduelle des métaux étudiés proviennent essentiellement des oxydes de fer et parfois des oxydes de Mn.
11. FORSTNER (1977) [cité dans BRILHANTE O.M., 1990] travaillant sur des sédiments du Rhin, a remarqué que le Zinc et le Cadmium sont plutôt associés avec les hydroxydes de Fe et Mn et dans la fraction résiduelle.
12. CALMANO (1988) [cité dans BRILHANTE O.M., 1990] travaillant sur des boues du port de Hambourg, a trouvé que le Zinc et le Cadmium sont plutôt associés avec les hydroxydes de Fer.
13. THEIS et WIRTH (1977) [cité dans BRILHANTE O.M., 1990] d'après THOMPSON (1986) ont remarqué que la majeure partie des métaux présents dans les centres de brûlage du charbon étaient associés avec les surfaces spécifiques des oxydes de fer, manganèse et aluminium. Le cuivre, le chrome, l'arsenic et le zinc étaient associés dans la presque totalité des échantillons avec les oxydes de fer ; le cadmium et le zinc associés principalement avec le manganèse et finalement le plomb avec les oxydes de fer et de manganèse.

Notons enfin que la capacité d'adsorption des hydroxydes de fer et d'aluminium est utilisée dans l'épuration des eaux usées domestiques et industrielles pour extraire en particulier les phosphates, les polluants organiques et les micropolluants métalliques.

2.3. Affinité avec la matière organique non vivante

La matière organique naturelle est constituée d'un très grand nombre de molécules, allant des plus simples aux plus complexes [BRILHANTE O.M., 1990]. Elle constitue un des importants support de fixation [LEBRETON L., 1989], à tel point que certains auteurs classent les métaux lourds en "métaux argilophiles" (Nickel, Chrome) et métaux argilo-organophile" (Zinc, cadmium, cuivre, Plomb) [CSTB, 1989].

L'affinité des métaux lourds pour la matière organique et pour les produits de sa dégradation est de grande importance dans le comportement des métaux en milieu aqueux [FLORES-RODRIGUEZ J., 1990]. Par exemple, la matière organique dissoute [FLORES-RODRIGUEZ J., 1990] :

- . complexe les métaux
- . augmente leur solubilité
- . modifie la distribution entre formes oxydées et réduites
- . diminue leurs toxicités
- . modifie leurs biodisponibilités pour les organismes aquatiques
- . influence leurs capacité d'adsorption sur les particules solides

La matière organique non vivante est constituée de substances humiques et de substances non humiques [BERTRAND P., 1980]. Les substances non humiques (alcools, protéines, acides, pigments, résines, ...) peuvent former avec les métaux des composés organométalliques plus ou moins complexes. Leur caractéristique essentielle est qu'elles sont biodégradables et donc sensibles aux variations biologiques et physico-chimiques du milieu [BERTRAND P., 1980].

Les substances dites humiques ont un assez grand pouvoir complexant. Elles dérivent des substances non humiques par une action microbienne. Elles sont pour la plupart des composés polyphénoliques et acides, plus ou moins solubles selon leurs poids moléculaires (humines > acides humiques > acides fulviques > acides organiques jaunes) [TISON L., 1985]. Notons qu'à cause de leur grand nombre de groupements fonctionnels, les acides fulviques jouent un rôle très important dans les liaisons métalliques. Ils possèdent une capacité d'échange cationique plus élevée que celle des argiles [DUCHAUFOR P., 1954].

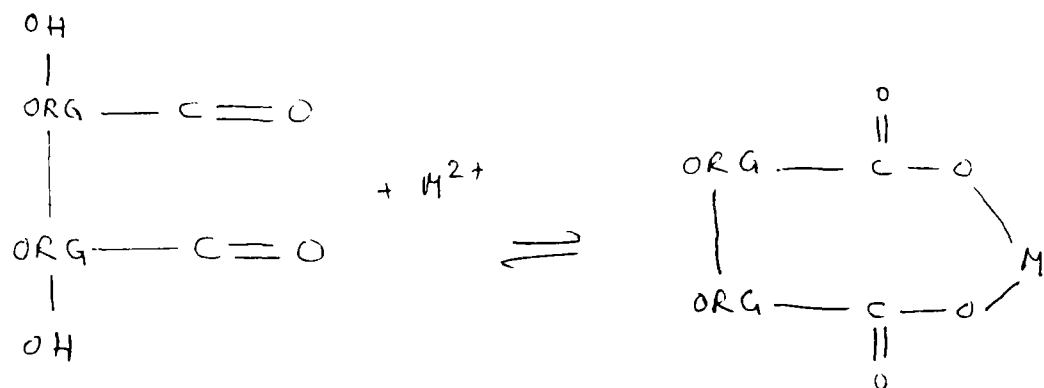
Les matières organiques fixent préférentiellement des ions des métaux de transition, en comparaison avec les alcalins et alcalino-terreux [LEBRETON L., 1989].

L'association "métaux lourds – matières organiques" se fait par échange d'ions ou par complexation [FLORES-RODRIGUEZ J., 1990] :

Echange d'ions :



Complexation :



RACHID M.A. et KING L.H. (1971) [cité dans BRILHANTE O.M., 1990] ont estimé que les associations métaux lourds – acide humique se répartissent suivant 1/3 sous forme d'échange d'ions et 2/3 par complexation.

RACHID (1974) [cité dans FLORES-RODRIGUEZ J., 1990] remarque que le cuivre est adsorbé préférentiellement par la matière organique suivi du zinc, nickel, cobalt, manganèse. Le même auteur a trouvé que la liaison de la matière organique avec le cuivre est plus forte que celle avec les autres métaux.

TESSIER A. et al. (1982) ont trouvé que la fraction réductible du Pb, Zn, Cu fixés sur les sédiments des rivières n'était pas liée à la matière organique. Cependant, et toujours d'après le même auteur, cette dernière pourra être à l'origine de la fraction oxydable.

2.4. Affinité avec les sulfures

En zone anoxique, les sulfures, résultant généralement de la réduction bactérienne des sulfates couplée à l'oxydation anaérobie de la matière organique, sont susceptibles de fixer une bonne partie des métaux traces (Pb, Zn, Cd) [ROBBE D., 1975 – FAUCON N., 1987]. Toutefois, dans les matières en suspension, les sulfures sont beaucoup moins stables et donc moins présentes en raison de l'oxygénation du milieu [BERTRAND P., 1980].

Lors de leur étude sur les sédiments au fond des rivières, TESSIER A. et al. (1982) ont trouvé des corrélations faibles entre la fraction métallique (Pb, Zn, Cu) réductible et le soufre tandis que pour la fraction résiduelle, les corrélations avec le soufre sont bonnes pour 2 échantillons parmi 5. Dans cette même étude, TESSIER A. et al. évoquent la possibilité pour le Pb, Zn, Cu oxydables de venir en partie des métaux liés aux sulfures qui ont résisté aux étapes précédentes dans le processus de spéciation (attaques successives).

2.5. Affinité avec les carbonates

Les carbonates jouent un rôle faible à quasi nul pour ce qui est des liaisons contractées avec les métaux [WELTE B., BLES N., MONTIEL A., 1983] (précipitation sous forme de carbonates quand tous les autres adsorbants sont saturés). Leurs réactivités de surface dépendra de la taille des constituants, de leur abondance relative, mais aussi du système d'altération.

Dans des conditions naturelles, la taille des particules et la surface spécifique (100 à 1000 fois moindre que celle de l'argile), du CaCO_3 favorisent peu les liaisons métalliques avec cette phase sauf s'il y a peu de compétiteurs [ROBERT M., VENEAU G., ELSASS F., 1989].

Ce type d'immobilisation correspond d'avantage à une coprécipitation de surface qu'à une véritable adsorption.

TESSIER A. et al. (1982) en étudiant la spéciation des métaux liés aux sédiments des rivières a trouvé que la fraction acido-soluble du Pb, Zn, Cu n'a pas forcément comme origine des carbonates. En effet, les corrélations qu'il a établies entre cette fraction des métaux et le carbone inorganique n'étaient pas fortes.

2.6. Conclusions

Après cette revue bibliographique sur l'affinité des métaux pour les constituants des sédiments, nous pouvons dégager les idées suivantes :

1. la séparation des espèces métalliques suivant leur degré de mobilité ne peut nous renseigner que très partiellement sur les supports possibles des métaux étudiés.

La majorité des constituants chimiques de la phase solide sont capables de fixer les métaux de plusieurs façons et avec des liaisons plus ou moins stables. Ceci implique que les espèces métalliques libérées au moment des différentes attaques prévues dans le schéma de spéciation, peuvent avoir, comme origine, plusieurs supports à la fois.

Partant de là, nous prenons toujours la précaution d'utiliser la terminologie suivante :

- fraction acido-soluble et non fraction liée aux carbonates
- fraction réductible et non fraction liée aux oxydes et hydroxydes de fer et de manganèse
- fraction oxydable au lieu de fraction liée à la matière organique et aux sulfures
- fraction résiduelle à la place de fractions liée aux minéraux silicatés.

2. les oxydes hydroxydes de fer et de manganèse, la matière organique et les argiles constituent les principaux pièges pour les métaux lourds. Les sulfures et les carbonates semblent jouer un rôle beaucoup moins important.

D'autre part, un nombre assez important d'études (très variées) semblent montrer que les oxydes-hydroxydes de fer et de manganèse contrôlent, seuls, la fixation du plomb, du zinc et du cadmium. A l'heure actuelle, nous ne pouvons qu'admettre cette hypothèse bien que nous ne soyons pas trop convaincus du rôle mineur attribué à la matière organique et aux argiles. Seules des études futures ciblées sur l'affinité des métaux des rejets pluviaux urbains pour les constituants des sédiments, pourront confirmer cette hypothèse ou l'invalider.

A ce niveau, nous pouvons ajouter que comparé au zinc et au cadmium, le plomb est le métal le mieux adsorbé et le plus fortement lié aux oxydes et hydroxydes de fer et de manganèse.

3. MOBILISATION DES METAUX A PARTIR DES SEDIMENTS

Entre métaux directement biodisponibles et métaux non-biodisponibles, ils existent de nombreuses formes géochimiques potentiellement mobilisables s'il y a variation des conditions physico-chimiques environnementales (fermentation estivale, déversements d'effluents acides, ...) [FAUCON N., 1987 cité dans LEBRETON L., 1989].

3.1. Effet de l'augmentation de la concentration des sels ou force ionique

Avec l'augmentation de la concentration en sels et donc de la force ionique, les métaux alcalins et alcalino-terreux peuvent remplacer les métaux lourds adsorbés sur les particules solides.

PATCHINEELAM et CALMANO [cité dans FÖRSTNER U., WITTMANN M., 1981] ont réalisés une série d'expériences de relargage, en utilisant les matières en suspension du Rhin fortement polluées en métaux et de l'eau de mer artificielle. Ils ont observé un relargage de moins de 10 % de Zinc, Cobalt, Chrome et Fer. Avec des expériences de relargage semblables VAN DER WEIDEN et al. (1977) [cité dans FLORES-RODRIGUEZ J., 1990] ont trouvé que la désorption des métaux augmente selon l'ordre suivant : $Cd > Zn > Mn > Ni > Co > Cu > Cr$; le Pb et le Fe ne sont pas mobilisés.

ROHATGI N.K. et CHEN K.Y. (1975) [cité dans FAUCON N., 1987] ont étudié la mobilisation, au cours de 4 semaines dans l'eau de mer, des métaux des boues de stations d'épuration et des sédiments des rivières à Los Angeles, Californie. Les résultats obtenus apparaissent dans le tableau 3.

Métaux	Boues des stations d'épurations (%)	Rivières (%)
Zn	38	60
Pb	58	17
Cu	69	66
Cd	93	

Tableau 3 : Pourcentage mobilisé, au cours de quatre semaines dans l'eau de mer, des métaux des boues de stations d'épuration et des sédiments des rivières à Los Angeles, Californie

3.2. Effet de diminution de pH

La diminution du pH permet la dissolution des carbonates et des hydroxydes et la désorption des métaux dues à la compétition avec les ions H^+ .

GALLOWAY J.N. et al. (1976) [cité dans FLORES-RODRIGUEZ J., 1990] ont remarqué que les teneurs de Al, Fe, Mn et Zn dans la phase dissoute sont dix fois plus importantes dans un lac ayant un pH = 4.7, que dans un autre de pH = 6.7 (lac normal). Les mêmes auteurs ont étudiés aussi, la distribution des métaux dans les carottes du fond des lacs, ils ont observé que dans le dépôt d'un lac normal la concentration est constante sur toute la hauteur de la carotte, par contre dans un lac acide, les mêmes métaux dans les premiers dix centimètres ont été épuisés, dans le reste du carotte, les concentrations des métaux ont été similaires dans les deux lacs.

BEASMICH (Canada, 1976) [cité dans FLORES-RODRIGUEZ J., 1990] a trouvé, aussi, des concentrations en métaux dissous beaucoup plus importantes dans un lac acide (Zn = 122 ppb, Cu = 120 ppb, Pb = 22 ppb, Cd = 5 ppb) que dans un lac normal de pH=6.7 (Zn < 3 ppb, Cu = 2 ppb, Pb < 1 ppb, Cd < 1 ppb).

3.3. Effet de variation du potentiel redox (Eh)

Le potentiel redox est un indicateur des conditions d'aération du milieu aqueux.

Un potentiel redox positif signifie des bonnes conditions d'aération (milieu aérobie). Le cas contraire (Eh<0) signifie un manque d'oxygène (milieu anoxique). Un manque d'oxygène pourra être occasionné par une dégradation de la matière organique dans des conditions d'eutrophisation.

La diminution d'oxygène provoque en principe la dissolution des hydroxydes de fer et des oxydes de manganèse avec le relargage des métaux lourds incorporés ou adsorbés.

YOUSSEF Y. et al. (1990) [cité dans FAUCON N., 1987] ont fait des essais de relargage des sédiments de bassins de retenue routiers en faisant changer le Eh de -100 à 500 mV et en fixant un pH à 5. Le pourcentage (par rapport aux métaux totaux) relargué était de 1.2 % pour le Pb, 2 % pour le Zn et 1.5 % pour le Cd.

La mise en contact avec l'oxygène, des sédiments anoxiques, peut favoriser la désorption des métaux. Ceci s'explique, principalement par l'oxydation de la matière organique et des sulfures : SLY P.G. et THOMAS R.L. (1974) [cité dans RODRIGUEZ J.F., 1990] ont observé le relargage de Mn et Fe lors des opérations de dragage dans les grands lacs de Canada. FAUCON N. (1987) [cité dans FLORES-RODRIGUEZ J., 1990] a observé une augmentation des métaux dissous (Pb : 1 %, Cd : 32 %, Zn : 8 %) lors de l'oxydation des sédiments portuaires pendant 21 jours.

3.4. Conclusion

Nous venons de voir qu'un changement dans les conditions physico-chimiques du milieu (force ionique, pH, Eh) provoque un échange de métaux entre les deux phases particulaire et dissoute.

Les exemples cités montrent clairement qu'en cas de relargage des métaux particuliers le plomb est le métal le moins sollicité.

Ce paragraphe nous permet de nous rendre compte qu'à travers l'outil spéciation, nous simulons les modifications des conditions physico-chimiques du milieu auxquelles les associations métalliques peuvent être confrontées (tableau 4), d'où estimation des échanges entre phase dissoute et particulaire et donc des risques potentiels pour le milieu récepteur.

Fractions	Conditions de relargage
Echangeable	Si force ionique augmente (conductivité =)
Acido-soluble	Si pH diminue (pH = 5)
Réductible	Si pH diminue, Eh diminue (pH = 2, Eh =)
Oxydable	Si Eh augmente et dégradation de la matière organique par voie bactérienne (Eh =)
Résiduel	Relargage très difficile

Tableau 4 : Conditions de relargage des métaux associés aux différentes phases détruites lors de l'application du schéma de minéralisation sélective adopté dans cette étude

ANNEXE A3

COMPORTEMENT DES MES DES REJETS PLUVIAUX URBAINS DANS LE MILIEU NATUREL

**A 3.1. Synthèse bibliographique sur les modèles de transport
des particules en suspension**

**A 3.2. Choix des valeurs à donner aux paramètres du modèle utilisé
pour étudier le comportement des Matières En Suspension (MES)
des rejets pluviaux urbains dans le milieu naturel**

**A 3.3. Comportement des Matières En Suspension des rejets pluviaux urbains
dans une rivière type qui ressemble à la Seine**

ANNEXE A 3.1

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES MODELES DE TRANSPORT DES PARTICULES EN SUSPENSION

1. GENERALITES

FORTIER (1967) définit une dispersion comme "un mélange de deux phases distinctes dans lequel l'une des phases est assimilable à un fluide continu, nous l'appellerons la phase fluide, l'autre phase étant discontinue et répartie sous forme d'éléments de volume distincts que nous appellerons la phase dispersée" [FORTIER A., 1967 cité dans BRISSET P., 1986 - DARTUS D., 1987].

Dans tout ce qui suit, nous nous intéressons au cas "des suspensions" c'est-à-dire au cas où le rapport du volume de la phase dispersée (particules solides) au volume total de la dispersion est très inférieur à 1 (la phase fluide étant l'eau).

Ainsi parmi tous les phénomènes qui entrent en jeu dans le comportement d'une dispersion, on va négliger les échanges de chaleur, de masse, les réactions chimiques et les phénomènes électriques entre les deux phases. Le problème est alors purement mécanique.

2. SYNTHESE DES CONNAISSANCES ACTUELLES

2.1. Analyse théorique

L'étude théorique du problème de transport en suspension des particules solides consiste à établir les équations de conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie cinétique ([GRUAT J., 1977 – DARTUS D., 1987].

Les systèmes d'équations ainsi établis sont tellement complexes que dans le cas général on ne sait pas les résoudre théoriquement.

Devant ce problème les spécialistes ont cherché à réaliser des modèles mathématiques (empiriques et semi-empiriques) simplifiés permettant de décrire le phénomène de façon adaptée à chaque cas particulier et s'appuyant sur des hypothèses de fermeture d'origine expérimentale [BRISSET P., 1986].

2.2. Méthodes semi-empiriques

Les méthodes semi-empiriques se traduisent par des formules inspirées de la théorie et dont les coefficients sont calés expérimentalement [GRUAT J., 1977].

Pour l'étude des suspensions en rivière ou en canal à surface libre on peut citer :

- les modèles exploitant l'équation de continuité qui prend alors la forme de l'équation de diffusion-décantation : ce sont les modèles diffusifs,
- les modèles énergétiques qui définissent la capacité de transport de l'écoulement,
- les modèles stochastiques basés sur une description purement cinématique.

2.3. Méthodes empiriques [GRUAT J., 1977]

Ces méthodes consistent à analyser les résultats des mesures effectuées en laboratoire ou in situ.

Elles n'ont, évidemment, aucun caractère de généralité et si elles sont facilement applicables dans le cas des suspensions naturelles, elles sont extrêmement difficiles à mettre en œuvre dans le cas des suspensions polluantes [GRUAT J., 1977].

3. MODELES EXPLOITANT L'EQUATION DE CONSERVATION DE LA MASSE

3.1. Equation de conservation de la masse : [MILISIC V., 1976 – BRISSET P., 1986 – DARTUS D., 1987]

Dans le cas d'un écoulement diphasique, l'établissement de l'équation de conservation de la masse de manière locale et instantanée nécessite une hypothèse préliminaire sur l'élément de volume observé. Nous utiliserons la définition de REOCREUX cité dans [MILISIC V., 1976 – BRISSET P., 1986]. Dans ce cas, le volume élémentaire est petit devant les dimensions de l'écoulement, mais il est suffisamment grand pour que les deux phases soient présentes et continues.

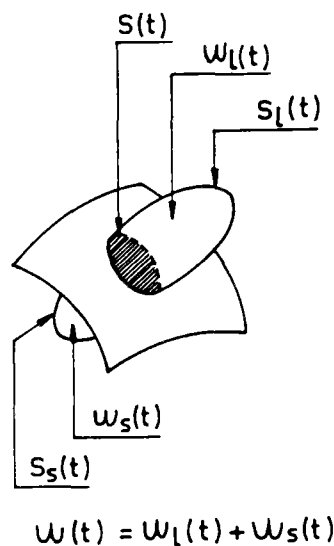


Figure 1. Schéma du volume élémentaire

Nous supposons également qu'il n'y a pas d'échange à travers les frontières de ce volume c'est-à-dire que les surfaces S_s et S_l peuvent être considérées comme des frontières matérielles.

Sur le volume élémentaire ω on a :

. phase solide : $\frac{\partial \rho_s}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (U_{si} \rho_s) = 0$

. phase liquide : $\frac{\partial \rho_l}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (U_{li} \rho_l) = 0$

Or dans un écoulement complexe et aléatoire, comme une suspension, les équations définies sur ω n'ont que peu d'intérêt pratique. Pour les rendre applicables, il faut considérer des valeurs moyennes spatiales : dans un volume, sur une surface ou le long d'une courbe. Dans ce qui suit, nous moyennons les équations locales sur un volume Ω grand devant ω et petit devant les dimensions du milieu :

$$\Omega = \sum_{j=1}^N (\omega_{s,j} + \omega_{l,j})$$

Sur Ω on peut définir la moyenne $\langle f \rangle$ d'un paramètre f par :

$$\langle f \rangle = \frac{\sum_{j=1}^N f_j \omega_{\alpha,j}}{\sum_{j=1}^N \omega_{\alpha,j}} \quad \alpha = \text{sol ou l}$$

Ainsi :

$$\frac{\partial \langle \rho_s \rangle}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \langle U_{s,i} \rho_s \rangle = 0 \quad \text{sur } \{\omega_{s,j}; j = 1, N\}$$

$$\frac{\partial \langle \rho_l \rangle}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \langle U_{l,i} \rho_l \rangle = 0 \quad \text{sur } \{\omega_{l,j}; j = 1, N\}$$

Si maintenant on définit la concentration volumique de la phase solide par :

$$C = \frac{\sum_{j=1}^N \omega_{s,j}}{\sum_{j=1}^N (\omega_{s,j} + \omega_{l,j})}$$

La concentration de la phase liquide sera :

$$1 - C = \frac{\sum_{j=1}^N \omega_{l,j}}{\sum_{j=1}^N (\omega_{s,j} + \omega_{l,j})}$$

On obtient les équations de continuité sur Ω :

$$\frac{\partial \langle \rho_s \rangle}{\partial t} C + \frac{\partial}{\partial x_i} \langle \rho_s U_{s,i} \rangle = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \langle \rho_l \rangle (1 - C) + \frac{\partial}{\partial x_i} \langle \rho_l U_{l,i} \rangle (1 - C) = 0$$

Pour un fluide incompressible et une phase solide à masse volumique constante, les équations précédentes se simplifient en :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \langle U_{si} \rangle C = 0$$

$$\frac{\partial (1 - C)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \langle U_{ii} \rangle (1 - C) = 0$$

En moyennant ces équations dans le temps, on obtient les équations de continuité dans leurs formes finales :

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \overline{U_{si} C} + \frac{\partial}{\partial x_i} \overline{u_{si} \tau} = 0$$

$$\frac{\partial (1 - \bar{C})}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \overline{U_{ii} (1 - C)} + \frac{\partial}{\partial x_i} \overline{u_{ii} \tau} = 0$$

avec :

$$C = \bar{C} + \tau$$

$$U_{si} = \overline{U_{si}} + u_{si}$$

$$U_{ii} = \overline{U_{ii}} + u_{ii}$$

$$\bar{\tau} = \overline{u_{si}} = \overline{u_{ii}} = 0$$

où

\bar{C} : la concentration moyenne,

τ : la partie aléatoire de la concentration

\overline{U} : vitesse moyenne d'écoulement

u : la partie aléatoire de la vitesse d'écoulement

3.2. Théorème de diffusion

3.2.1 Equation de diffusion de décantation

Reprenons les équations de continuité :

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \overline{U_{si} C} + \frac{\partial}{\partial x_i} \overline{u_{si} \tau} = 0$$

$$\frac{\partial (1 - \bar{C})}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \overline{U_{si} (1 - \bar{C})} + \frac{\partial}{\partial x_i} \overline{u_{si} \tau} = 0$$

et admettons les hypothèses suivantes :

1. Il existe un glissement moyen entre les deux phases qui se traduit par : $\bar{\omega} = \bar{U}_s - \bar{U}_l$
2. Par analogie avec le transport d'une quantité (Γ) liée au fluide le terme $\overline{u_{si} \tau}$ peut s'écrire :

$$\overline{u_{si} \tau} = \xi_{si} \frac{\partial \bar{C}}{\partial x_i} \quad \text{où } \xi_{si} = \text{diffusivité turbulente}$$

3. La phase solide ne perturbe pas l'écoulement

$$\frac{\partial U_{si}}{\partial x_i} = 0$$

La première équation s'écrit :

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \overline{U_{si}} \frac{\partial \bar{C}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \overline{W_{si} \bar{C}} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\xi_{si} \frac{\partial \bar{C}}{\partial x_i} \right)$$

où la vitesse \bar{W} est considérée constante.

Nous supposons également que les particules sont transportées horizontalement par le courant moyen \bar{U}_l et qu'elles décantent par gravité. De ce fait la vitesse relative \bar{W} se réduit à sa composante suivant Oz qui n'est autre que la vitesse moyenne de chute \bar{W}_p des particules et l'équation se met sous sa forme classique :

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \overline{U_x} \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} + \overline{U_y} \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \overline{W \bar{C}} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\xi_{sx} \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\xi_{sy} \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\xi_{sz} \frac{\partial \bar{C}}{\partial z} \right)$$

que nous appelons équation de diffusion-décantation des particules.

3.2.2 Remarques

A propos de la théorie de diffusion et de son utilisation dans le domaine de transport solide, les remarques suivantes pourront être formulées :

1. Largement répandue et fortement développée, cette théorie, comme le disent NORDIN et Mc QUIVEY dans le livre de SHEN [cité dans CHEBBO G., BACHOC A., 1988b] assure une concordance plus élevée avec les données mesurées que ne le fait la théorie énergétique (paragraphe 4).

2. Conformément aux détails du paragraphe précédent, la théorie de la diffusion consiste à calquer l'équation de dispersion de la masse sur l'équation de diffusion pour un écoulement turbulent. Cependant, la résolution de l'équation générale de diffusion-décantation présente des difficultés théoriques et numériques souvent insurmontables. Ainsi, les spécialistes procèdent à des simplifications d'ordre physique en reliant le tenseur de diffusivités turbulentes des solides au tenseur de diffusion turbulente de quantité de mouvement ou à des simplifications d'ordre géométrique en n'étudiant que des écoulements à caractère monodimensionnel ou bidimensionnel. Ces simplifications ramènent en particulier le tenseur de diffusion à un scalaire ξ_s .

Il n'est pas possible actuellement de calculer ξ_s , et même il est très difficile de le mesurer expérimentalement. La plupart des auteurs posent souvent : $\xi_s = \beta \xi_m$, ξ_m étant le coefficient de diffusion de la quantité de mouvement et β une constante de proportionnalité dépendant des caractéristiques des particules et des caractéristiques hydrauliques. Ceci revient à reporter sur ce coefficient β toute l'ignorance que l'on a du phénomène sans résoudre pour autant la question car il n'existe pas à notre connaissance des relations permettant de déterminer β en fonction de ces paramètres.

3. L'emploi de l'équation suppose que la masse des particules transportées en suspension soit conservée tout au long du trajet étudié. Pour tenir compte des phénomènes d'érosion et de sédimentation, il faut ajouter des termes supplémentaires dits "d'échange avec le fond".

De plus, cette équation doit être appliquée à des particules qui sont sous l'influence de deux mouvements opposés : ceux dus à la turbulence et ceux dus à la gravité.

4. Les modèles diffusifs recensés dans la littérature concernent le régime permanent établi selon le sens de l'écoulement. Ils calculent, en réalité, des capacités de transport. Ils ne sont pas adaptés à notre problématique qui consiste à étudier l'évolution, dans le temps et dans l'espace, des concentrations en Matières En Suspension (MES) rejetées par temps de pluie dans une rivière donnée.

De plus, ces modèles seuls ne calculent pas un flux ; ils ont besoin d'une concentration à une ordonnée de référence. Celle-ci est en général donnée grâce au débit de charriage. D'où plus de complications puisqu'il faut définir la profondeur de référence et choisir la formulation du débit de charriage la plus adéquate.

4. MODELES ENERGETIQUES

4.1. Principe [MILISIC V., 1976 – GRUAT J., 1977 – COMBES V., 1982 – BRISSET P., 1986]

Ces modèles relient l'énergie nécessaire au maintien des particules solides en suspension à l'énergie apportée par l'écoulement grâce à un coefficient de rendement.

Dans un écoulement turbulent, un ensemble de particules solides en suspension parcourt en moyenne, avant de se déposer, une distance L . Cette distance est fonction de la vitesse de chute en eau calme des particules (W), de la vitesse moyenne de l'écoulement (U) et de la hauteur d'eau (H). Le parcours vertical moyen est donc :

$$H = L \frac{W}{U}$$

L'énergie potentielle restituée par la phase solide est donc par unité de temps :

$$E_s = Q_s g (\rho_s - \rho_l) L \frac{W}{U}$$

avec :

- Q_s = débit volumique de la phase solide
- ρ_s = masse volumique de la phase solide
- ρ_l = masse volumique de la phase liquide
- g = accélération de la pesanteur

Pour que cet ensemble de particules reste en suspension, il faut céder cette énergie E_s . Elle ne peut provenir que de la phase fluide et est donc une partie de l'énergie totale dissipée E , sur la distance L par unité de temps, soit :

$$E = \rho Q L \frac{U^2}{H}$$

avec :

- Q = débit volumique
- ρ = masse volumique de la suspension
- U = vitesse de cisaillement

Dans le cas des rejets pluviaux urbains, on peut écrire :

$$\rho \approx \rho_l$$

$$Q \approx Q_l \quad (Q_l = \text{débit volumique de l'eau})$$

La dernière équation s'écrit donc :

$$E = \rho_l Q_l L \frac{u^2}{H}$$

Le rapport entre l'énergie de suspension E_s et l'énergie totale E est alors :

$$\eta = \frac{E_s}{E} = \frac{\rho_s - \rho_l}{\rho_l} \frac{Q_s g W H}{Q_l U u^2}$$

Si l'on désigne par C la concentration moyenne transportée, on peut alors écrire :

$$C = \frac{Q_s \rho_s}{Q_l} = \eta \frac{\rho_l \rho_s}{\rho_s - \rho_l} \frac{U u^2}{g W H}$$

En confondant R_H et H (approximation valable pour les rivières assez larges), cette équation devient :

$$C = \eta \frac{\rho_l \rho_s}{\rho_s - \rho_l} \frac{U}{W}$$

Cette équation pourra s'écrire sous la forme :

$$\eta \rho_l g J U = g \frac{\rho_s - \rho_l}{\rho_s} C W$$

or

$$\rho_l g J U = \text{puissance hydraulique apportée par l'écoulement par unité de volume}$$

$$g \frac{\rho_s - \rho_l}{\rho_s} C W = \text{puissance nécessaire au maintien des particules en suspension par unité de volume}$$

Le coefficient η pourra donc être interprété comme étant le rapport de la puissance de l'eau cédée aux matériaux solides par unité de volume et de la puissance totale dissipée par unité de volume.

Pour des conditions hydrauliques données, la concentration des matériaux transportables n'est pas unique. Elle se situe sur une plage limitée vers le haut par une courbe représentant la quantité maximale que l'écoulement peut transporter (C_{\max}) et vers le bas par une courbe qui détermine la masse des sédiments qui est obligatoirement entraînée (C_{\min}) (voir figure 2) :

$$C_{\min} = \eta_{\min} \frac{\rho_s}{\rho_s - \rho_l} \frac{U}{W} J$$

$$C_{\max} = \eta_{\max} \frac{\rho_s}{\rho_s - \rho_l} \frac{U}{W} J$$

Pour appliquer ce modèle au transport en suspension des particules solides dans les rivières, l'algorithme de la figure 2 pourra être proposé :

avec

C : concentration en MES dans la rivière

C_1 : concentration transportable en MES dans la rivière

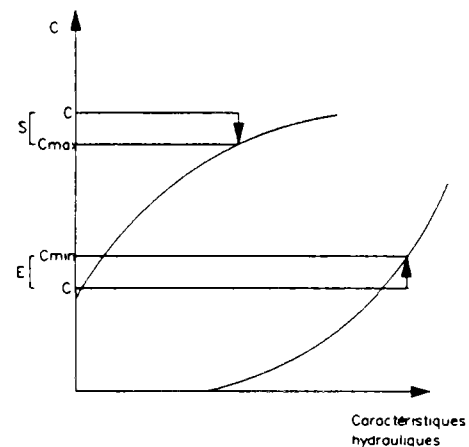
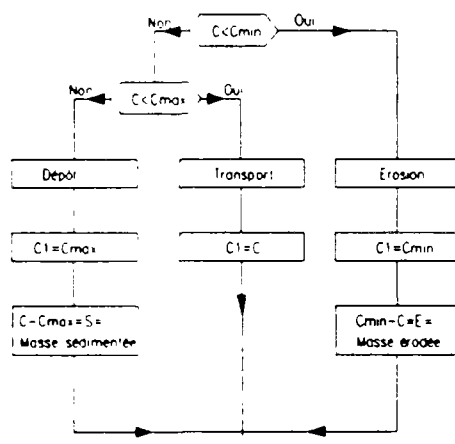


Figure 2 : Algorithme de calcul – modèle énergétique de transport des Matières En Suspension dans le milieu naturel

4.2. Remarques

Concernant les modèles énergétiques, les remarques suivantes pourront être faites :

1. La théorie énergétique a donné de très bons résultats sur des grandes rivières en URSS et en Yougoslavie [MILISIC V., 1976].

2. Le nombre η , dit nombre de VELIKANOV, traduit la capacité de transport correspondant à un écoulement de caractéristiques hydrodynamiques moyennes données, c'est-à-dire la concentration maximale de matériaux dans une rivière pour un débit donné. Or, dans une rivière sauf cas particulier, la concentration n'atteint pas la valeur de la concentration maximale.

3. Le nombre de VELIKANOV (η) est trop complexe pour qu'on puisse établir une valeur quantitative unique sans tenir compte des caractéristiques particulières à chaque suspension et à chaque écoulement.

Pour un écoulement donné, le coefficient η se situe entre deux valeurs extrêmes η_{\min} et η_{\max} (voir paragraphe précédent). Les valeurs admises pour ces constantes sont :

$$0.0005 \leq \eta_{\min} < 0.002$$

$$0.002 < \eta_{\max} < 0.007$$

Cette grande variabilité des valeurs de η montre que ce dernier ne peut pas représenter l'ensemble des caractéristiques concernant la mise en suspension. Autrement dit, l'application de la théorie énergétique revient à reporter sur η toute l'ignorance que l'on a de la physique du phénomène de même que l'on reportait cette ignorance sur β dans les modèles diffusifs [DELMAS D., 1979].

4. La théorie énergétique permet de calculer une capacité de transport en régime établi. Elle a besoin d'une adaptation bien réfléchie pour pouvoir l'appliquer en régime transitoire.

5. Parmi les auteurs qui ont utilisé l'approche énergétique, nous citons :

– J. GRUAT, dans une étude sur le phénomène de pollution mécanique des rivières [GRUAT J., 1977]: D'après cet auteur la méthode énergétique est bien adaptée pour étudier le comportement d'une suspension polluante dans une rivière. Il propose pour le coefficient η les valeurs suivantes :

$\eta = 0.0007$ pour étudier la sédimentation

$\eta = 0.007$ pour étudier la remise en suspension

– G. BUJON dans la partie transport solide de son modèle FLUPOL [BUJON G., 1988] qui a pour but de prédire les flux polluants transités dans les réseaux d'égouts par temps de pluie.

Il adopte pour η les valeurs 0.018 et 0.022.

– V. COMBES, dans le cadre de son DEA, a présenté en 1982 à l'Institut National Polytechnique de Toulouse, une étude portant sur les modèles mathématiques de transport de matériaux solides en réseaux d'assainissement : elle a montré dans cette étude que la conformité des résultats entre les modèles basés sur la théorie énergétique et sur l'équation de diffusion décantation est satisfaisante.

5. MODELES STOCHASTIQUES

Ces modèles étudient le cheminement des particules par la méthode de MONTE CARLO.

Selon cette méthode, la trajectoire d'une particule est représentée par une suite finie des points P_i de coordonnées (x_i, y_i, z_i) . Le passage de P_i à P_{i+1} est lié pour sa partie déterministe à la vitesse moyenne et pour sa partie aléatoire à l'agitation turbulente :

$$\overrightarrow{P_{i+1}} = \overrightarrow{P_i} + \overrightarrow{U_{P_i}} \Delta t + \overrightarrow{T_{P_i}}$$

où

$\overrightarrow{U_{P_i}}$: est la vitesse moyenne au point considéré

Δt : est l'intervalle de temps

$\overrightarrow{T_{P_i}}$: représente la partie aléatoire du déplacement

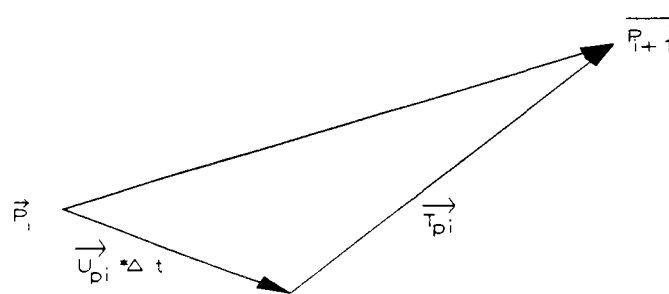


Figure 3. Modélisation du déplacement d'une particule

En écrivant la probabilité de présence $P(x_i, t)$ d'une particule en un point de l'écoulement, on obtient la relation suivante [DARTUS D., 1982b] :

$$\frac{\partial P}{\partial t} = -U_i \frac{\partial P}{\partial x_i} + \xi_i \frac{\partial^2 P}{\partial x_i^2}$$

En comparant cette équation à celle de la conservation de la masse, nous pouvons évaluer le coefficient de dispersion en fonction des valeurs déterminées par le modèle de simulation.

Un tel modèle a été développé par D. DARTUS dans sa thèse présentée en 1982 à l'INPT (Institut National Polytechnique de Toulouse) et portant sur l'étude d'un décanteur en ligne. En 1986, il a été repris et modifié par P. BRISSET, pour servir à l'étude de la dispersion, dans la rivière "Doubs", des particules solides générées par les extractions granulaires.

Ces modèles sont limités au cas où la concentration en MES est faible. Malgré ceci, ils prennent tout leur intérêt dans l'étude des configurations d'écoulements compliqués pour lesquels les modèles classiques ne permettent pas de rendre compte des phénomènes en jeu.

Dans ce type d'outils, on ne peut pas contourner le problème de calage et donc la nécessité de mesures in situ. Leur application sort donc du cadre de notre étude, d'autant plus que le seul modèle dont nous disposons (celui de P. BRISSET) n'est adapté qu'au cas de rivières semblables au "DOUBS" où l'écoulement est tri-dimensionnel, où la forme de sections est quelconque et variable suivant l'axe de l'écoulement et où la géométrie du rejet est complexe.

ANNEXE A 3.2

CHOIX DES VALEURS A DONNER AUX PARAMETRES DU MODELE UTILISE POUR ETUDIER LE COMPORTEMENT DES MATIERES DE SUSPENSION (MES) DES REJETS PLUVIAUX URBAINS DANS LE MILIEU NATUREL

1. INTRODUCTION

Nous ne disposons pas de données expérimentales pour pouvoir caler le modèle utilisé.

Pour cela, nous allons dans cette annexe adopter des procédures trop simplifiées et purement académiques (étude de sensibilité, comparaison avec la bibliographie, ...) pour choisir les valeurs à donner aux différents paramètres.

Cette démarche ne peut pas remplacer le vrai calage du modèle. Mais elle nous paraît assez suffisante vis à vis des objectifs fixés pour notre étude (voir chapitre 9)

2. PARAMETRE η : [GUICHARD M.A., 1990]

Dans cette étude, on peut estimer η en régime permanent, grâce aux concentrations moyennes en MES mesurées en Seine pour différents débits (figure 1).

En calculant les concentrations d'équilibre par la formule de VELIKANOV et en choisissant η compris entre 0.001 et 0.005, on retrouve les bons ordres de grandeurs des concentrations rencontrées en Seine.

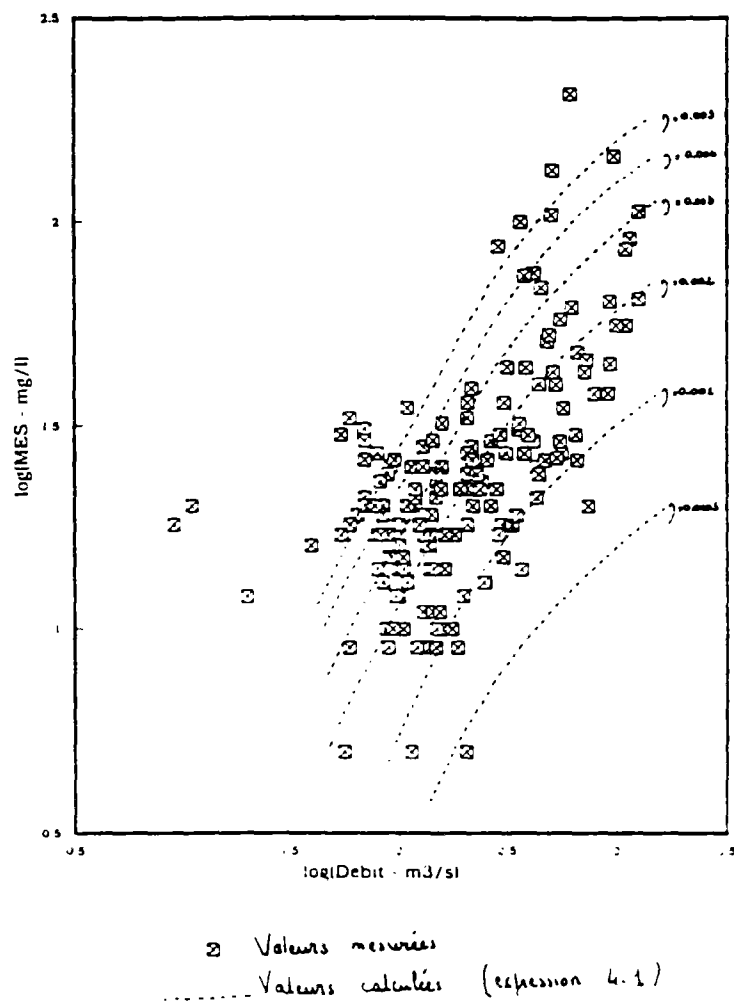


Figure 1. Concentrations de MES au Pont d'Austerlitz [GUICHARD M.A., 1990]

3. EPAISSEUR DE LA COUCHE MELANGEE

Nous avons testé la sensibilité du modèle pour trois épaisseurs de la couche mélangée : 50, 150 et 250 μm .

Les applications numériques sont obtenues dans le cas suivant :

- Réseau : séparatif
- Rejet : type R2 (voir tableau 2 de l'annexe A 3.3)
- Rivière : il s'agit de la rivière type décrite dans l'annexe A 3.3. et dans le chapitre 9 avec une vitesse d'écoulement d'eau de 40 cm/s
- Paramètres du modèle :
 - $\eta = 0.001$
 - largeur de déposition = 50 m
 - épaisseur des couches élémentaires = 50 μm

Nous remarquons que les résultats sont satisfaisants pour les particules de taille supérieure à 10 μm et pour l'échantillon global. Ils sont moins bons pour les plus fines ($< 10 \mu\text{m}$). Ces dernières représentent généralement moins de 25% de la masse totale rejetée.

Dans la suite de notre étude, nous avons fixé à 250 μm l'épaisseur de la couche mélangée.

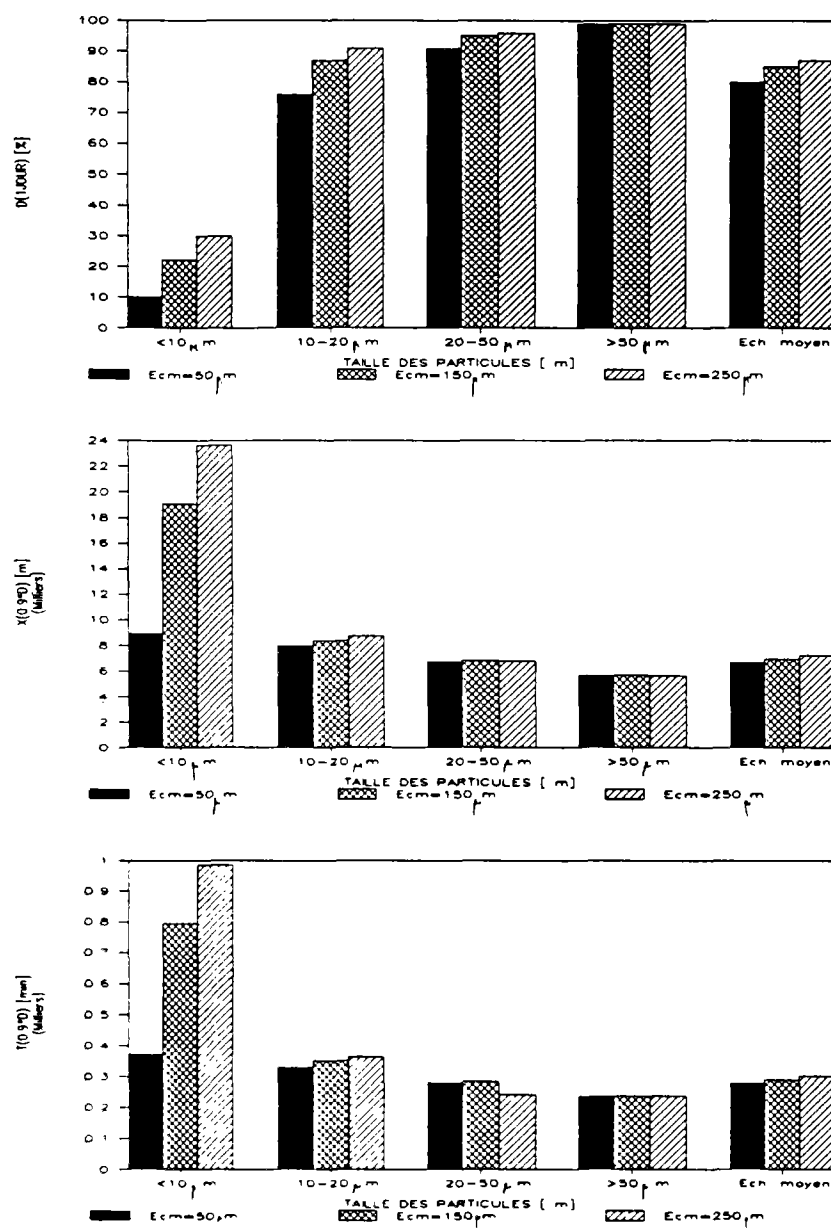


Figure 1 : Sensibilité des résultats au paramètre "épaisseur de la couche mélangée (E_{cm})" ($u = 0.4 \text{ m/s}$ - Épaisseur des couches élémentaires = $50 \mu m$ - Largeur de mélange = 50 m - $\eta = 0.001$ - Rejet séparatif type R2)

4. EPAISSEUR DES COUCHES ELEMENTAIRES

Les différentes couches élémentaires représentent en fait un maillage en z sur lequel glisse la couche mélangée. A priori, comme il y a mélange sur toute la profondeur d'érosion, le nombre de couches élémentaires (ou l'épaisseur de chaque couche) ne doit pas influencer les résultats, mais il sert à la précision du glissement de la couche mélangée. Nous avons testé ceci avec deux épaisseurs 50 et 125 μm .

Les résultats obtenus sont résumés dans la figure 2. Ils sont assez proches mais non identiques. Les légères différences constatées pourraient provenir d'une différence de composition de la couche élémentaire qui est à l'interface de la couche mélangée et de la couche non mélangée.

Dans cette étude, nous avons adopté une épaisseur de 50 μm . Bien qu'arbitraire, cette valeur a l'intérêt d'être assez faible devant celle de la couche mélangée ce qui peut avoir comme conséquence l'augmentation de la précision des calculs.

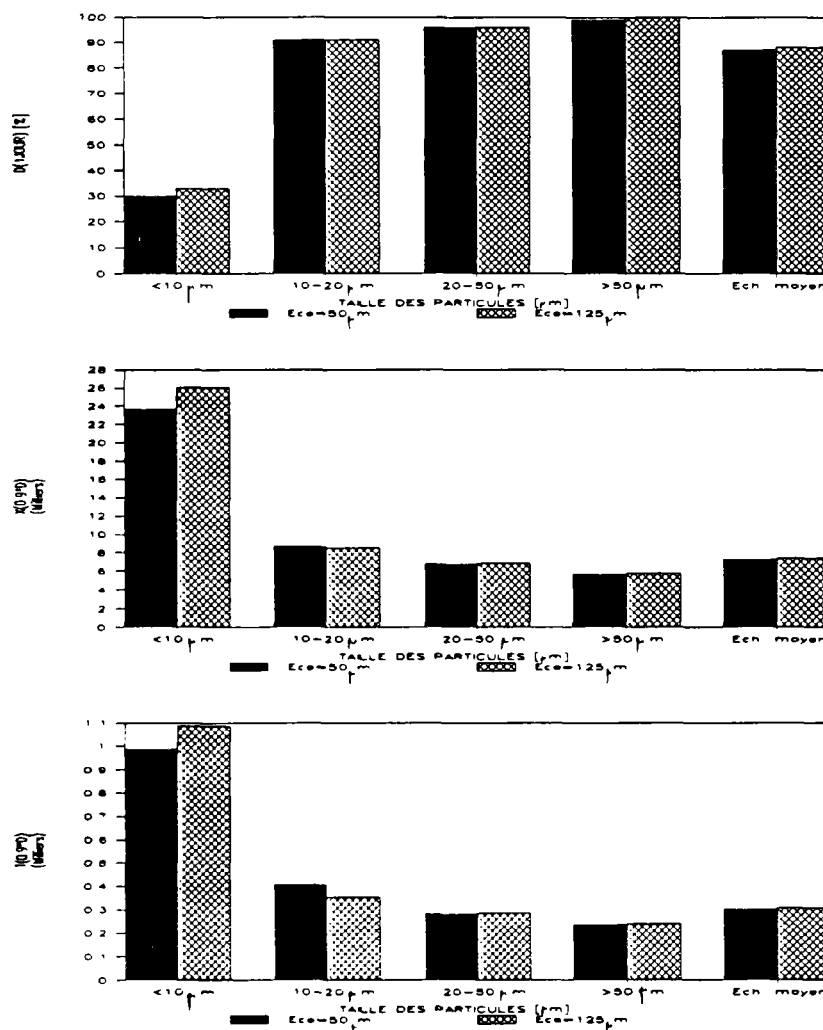


Figure 2 : Sensibilité des résultats au paramètre "épaisseur des couches élémentaires (E_{ce})" ($u = 0.4\text{m/s}$ - Epaisseur de la couche mélangée = 250 μm - Largeur de mélange = 50 m - $\eta = 0.001$ - Rejet séparatif type R2)

5. "LARGEUR DE DEPOSITION"

Le dépôt des particules solides se fait sur toute la largeur de la zone de mélange des suspensions polluantes dans l'écoulement naturel.

Pour des conditions hydrauliques données, la largeur de mélange "B" augmente avec la distance parcourue par les suspensions "L" suivant la formule suivante [FISHER H.B. et al., 1979]:

$$L = 0.4u \frac{B^2}{\xi}$$

$$\frac{\xi}{hu_*} = 0.60 \pm 50\%$$

avec

u = vitesse de l'écoulement

ξ = coefficient de dispersion

h = hauteur d'eau

En appliquant ces formules, nous obtenons, pour différentes vitesses d'écoulement des eaux dans la rivière, les distances que doivent parcourir les suspensions pour avoir des largeurs de mélange de 20, 50 et 100 m. Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau 1.

Vitesse de l'écoulement [m/s]	x (1 jour) [m]	Longueur parcourue pour une largeur de mélange de :		
		B = 20 m	B = 50 m	B = 100 m
0.15	12960	1347	8421	33684
0.4	34560	1181	7379	29517
0.8	69120	964	6026	24102
1.1	95040	818	5113	20451

Tableau 1 : Estimation des longueurs parcourues pour obtenir des largeurs de mélange de 20, 50 et 100 m

Or dans le modèle utilisé la zone de mélange est supposée avoir une largeur fixe B de 50 m.

Pour évaluer le poids de cette simplification, ainsi que la validité de la valeur choisie, nous avons étudié les résultats dans les cas extrêmes suivants :

- vitesse faible (u = 0.15 m/s) : B = 20 m et B = 50 m
- vitesse forte (u = 1.1 m/s) : B = 50 m et B = 100 m

Les résultats obtenus sont résumés dans les figures 3 et 4. Ils montrent que vis-à-vis des indicateurs utilisés dans notre étude (D (1 jour), % déposé à $t = 1$ jour, t ($0.9 \cdot D$)) l'adoption d'une valeur constante de B égale à 50 m donne des résultats satisfaisants.

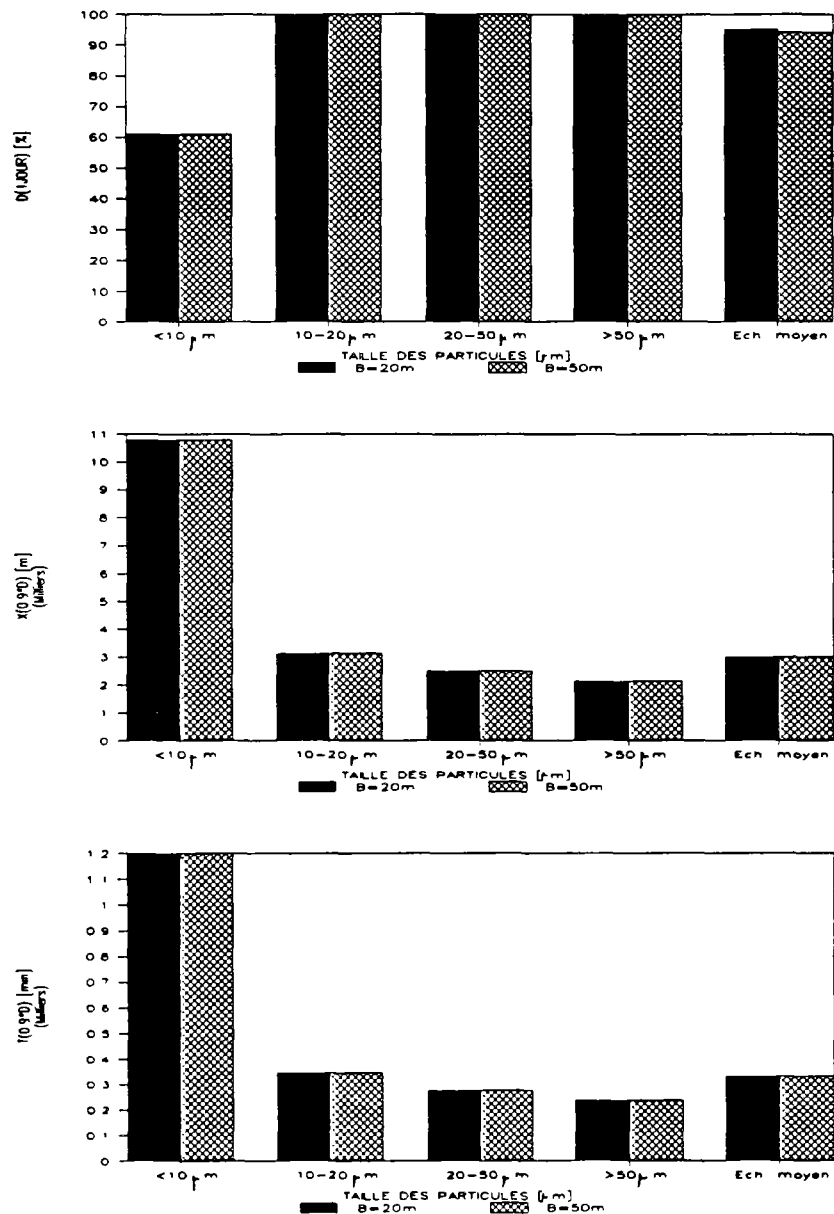


Figure 3 : Sensibilité des résultats au paramètre "largeur de déposition (B)"

($u = 0.15$ m/s – couche mélangée = $250 \mu m$ – couche élémentaire = $50 \mu m$ – $\eta = 0.001$ – rejet séparatif type R2)

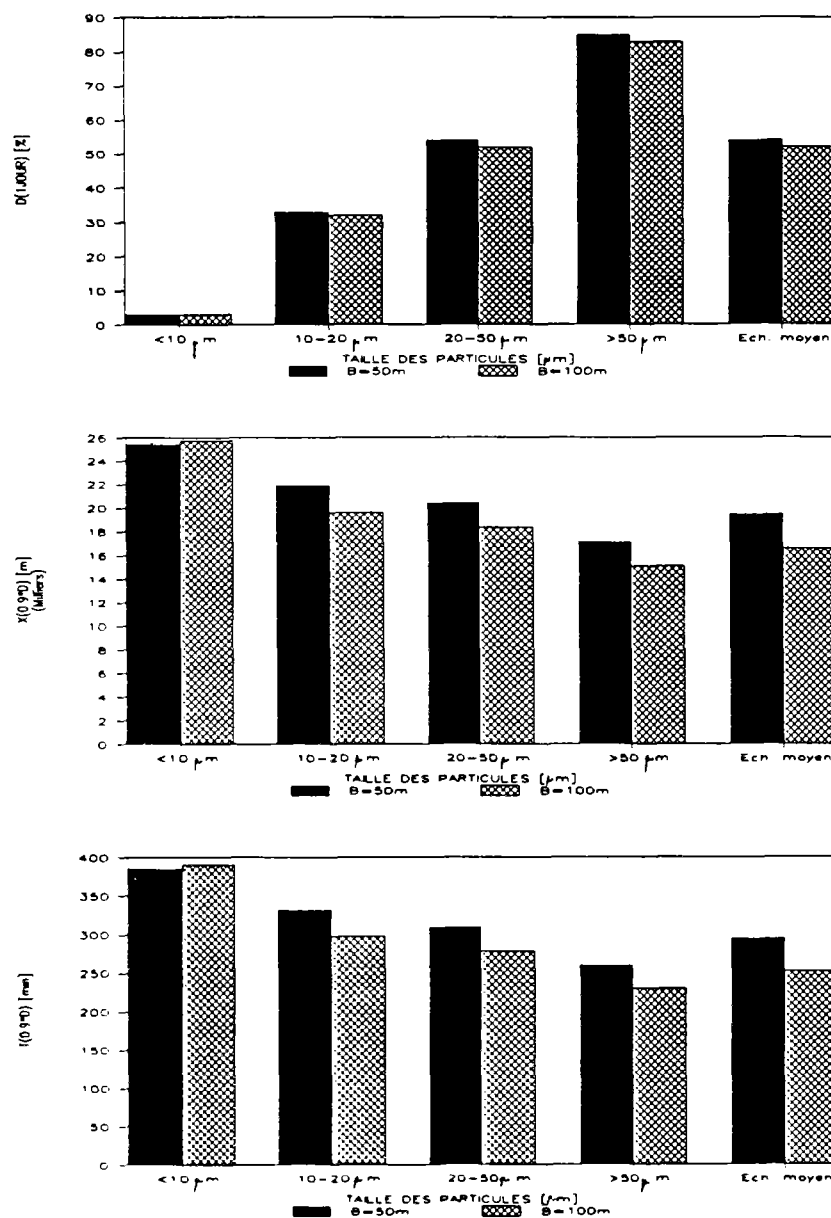


Figure 4 : Sensibilité des résultats au paramètre "largeur de déposition (B)"

($u = 1.1 \text{ m/s}$ – couche mélangée = $250 \mu\text{m}$ – couche élémentaire = $50 \mu\text{m}$ – $\tau_1 = 0.001$ – rejet séparatif type

R2)

ANNEXE A 3.3

COMPORTEMENT DES MATIERES EN SUSPENSION DES REJETS PLUVIAUX URBAINS DANS UNE RIVIERE TYPE QUI RESSEMBLE A LA SEINE

1. INTRODUCTION

Dans cette annexe nous étudions le comportement des matières en suspension des rejets pluviaux urbains dans une rivière qui ressemble dans ces caractéristiques hydrauliques à la Seine. Pour cela nous utilisons le modèle de M.A. GUICHARD (décrit en détail dans le chapitre 9)

Nous nous intéressons essentiellement à l'étude des cas suivants :

1. Rivière type : les cas étudiés sont donnés dans le tableau 1. Ils correspondent globalement à la gamme des régimes que peut connaître la Seine

2. Rejets pluviaux : les caractéristiques des rejets examinés apparaissent dans le tableau 1. Ils ressemblent globalement à celles des rejets en Seine à l'aval d'un bassin versant imperméabilisé à 40 % et possédant une superficie de 1000 ha.

Nous adoptons des hydrogrammes types en forme de triangle (figure 1).

Pour les pollutogrammes nous adoptons également une forme en triangle de même durée que l'hydrogramme et dont le maximum précède de 15 min. le maximum de débit (figure 1)

Pour les caractéristiques des suspensions dans les rejets nous utilisons les résultats trouvés dans notre étude (chapitre 6) en faisant des rapprochement entre les caractéristiques des rejets types et les rejets étudiés à Bordeaux, à Marseille et à Seine-Saint-Denis (Tableau 3)

u [m/s]	h [m]	J [m/m]	Q [m ³ /s]	Numéro attribué au cas étudié
0.15	3.3	2.5 10 ⁻⁶	50	H1
0.4	4	1.3 10 ⁻⁵	160	H2
0.8	5.5	3.0 10 ⁻⁵	440	H3
1.1	6.4	5 10 ⁻⁵	700	H4

Tableau 1 : Caractéristiques de la rivière type

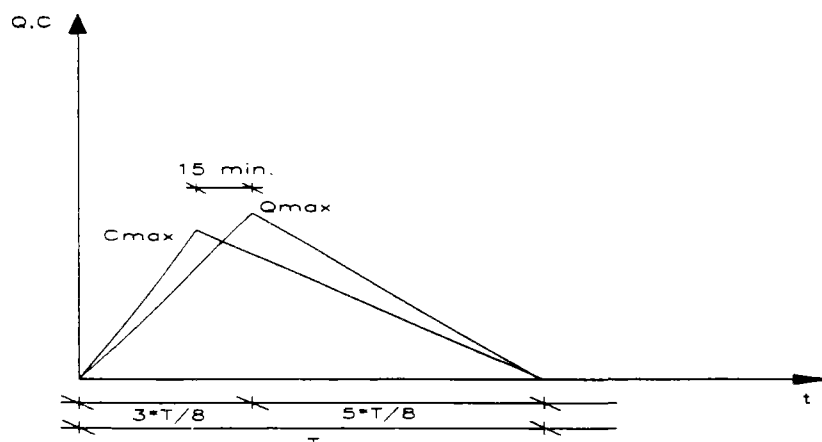


Figure 1 : Hydrogrammes et pollutogrammes types adoptés pour l'étude du comportement des MES des rejets pluviaux urbains dans le milieu naturel

Durée [heure]	Q_{\max} [m^3/s]	$C_{\max}(\text{MES})$ [mg/l]	Masse en MES [Kg]	Fréquence approximative	Numéro attribué au rejet
8	1.4	400	5376	80 rejets/an	R1
6	4	1000	28800	20-30 rejets/an	R2
2	10	1000	24000	1 rejet chaque 2-3 ans	R3
1	30	2000	72000	1 rejet chaque 10 ans	R4

Tableau 2 : Caractéristiques des rejets étudiés

Type de réseau	Type du rejet	Rejet réel le plus proche
Séparatif	R1	Béquigneaux - Événement du 30/11-1/12/1988
	R2	Béquigneaux - Événement du 5/12/1988
	R3	Béquigneaux - Événement du 19/10/1989
	R4	Les Brouillards - Événement de 5/12/1988
Unitaire	R1	La Molette - Événement du 07/08/1989
	R2	
	R3	
	R4	La Molette - Événement du 27/6/90

Tableau 3 : Rapprochement entre les rejets types et les rejets étudiés dans notre programme de recherche

2. RESULTATS DES SIMULATIONS

Les figures 2 et 3 synthétisent les résultats obtenus. Les indices D (1 jour), t ($0.9 \cdot D$) et x ($0.9 \cdot D$) sont utilisés. Ils indiquent respectivement la masse déposée en 1 jour rapportée à la masse totale rejetée, le temps correspondant à un dépôt provenant du rejet égal à 90% de D (1 jour) et la distance parcourue par les suspensions avant que la quantité déposée dépasse 90 % de D (1 jour).

Dans ce paragraphe, nous essayons de présenter et d'interpréter les résultats obtenus et leurs variabilités suivant les différentes pluies et leurs caractéristiques.

2.1. Ordre de grandeur global

2.1.1 Cas des rejets séparatifs

Les résultats présentés dans les figures 2 et 3 semblent montrer :

a. Masses déposées en 1 jour

– Les ordres de grandeur suivants peuvent être donnés :

$V = 0.15 \text{ m/s}$	D (1 jour)	=	88 – 96%	pour	$\eta = 0.001$
		=	86 – 93%	pour	$\eta = 0.005$
$V = 0.4 \text{ m/s}$	D (1 jour)	=	82 – 88%	pour	$\eta = 0.001$
		=	71 – 75%	pour	$\eta = 0.005$
$V = 0.8 \text{ m/s}$	D (1 jour)	=	66 – 70%	pour	$\eta = 0.001$
		=	37 – 55%	pour	$\eta = 0.005$
$V = 1.1 \text{ m/s}$	D (1 jour)	=	52 – 64%	pour	$\eta = 0.001$
		=	6 – 50 %	pour	$\eta = 0.005$

– Pour les vitesses 0.15 m/s et 0.4 m/s la sédimentation des MES des rejets pluviaux urbains apparaît comme importante.

Les résultats obtenus sont assez homogènes pour les quatre rejets étudiés.

L'insensibilité du modèle au paramètre η est satisfaisante, les valeurs de D (1 jour) correspondant aux 2 valeurs de $\eta = 0.001$ et 0.005 sont très proches pour $V = 0.15 \text{ m/s}$ et du même ordre de grandeur pour $V = 0.4 \text{ m/s}$.

– Pour les vitesses 0.8 m/s et 1.1 m/s, les résultats sont très différents suivant la valeur adoptée pour le paramètre η . La sédimentation est moins bonne que dans le cas des vitesses 0.15 et 0.4 m/s mais nous ne pouvons pas, avec cet outil, évaluer précisément l'importance de cette diminution. Les vraies valeurs sont situées très probablement entre celles correspondant aux deux valeurs adoptées de η . Cette sensibilité du modèle au paramètre η constitue un handicap sérieux vis-à-vis de l'utilisation de ce type d'approche pour étudier le transfert des solides rejetés pendant les périodes de crue de la rivière.

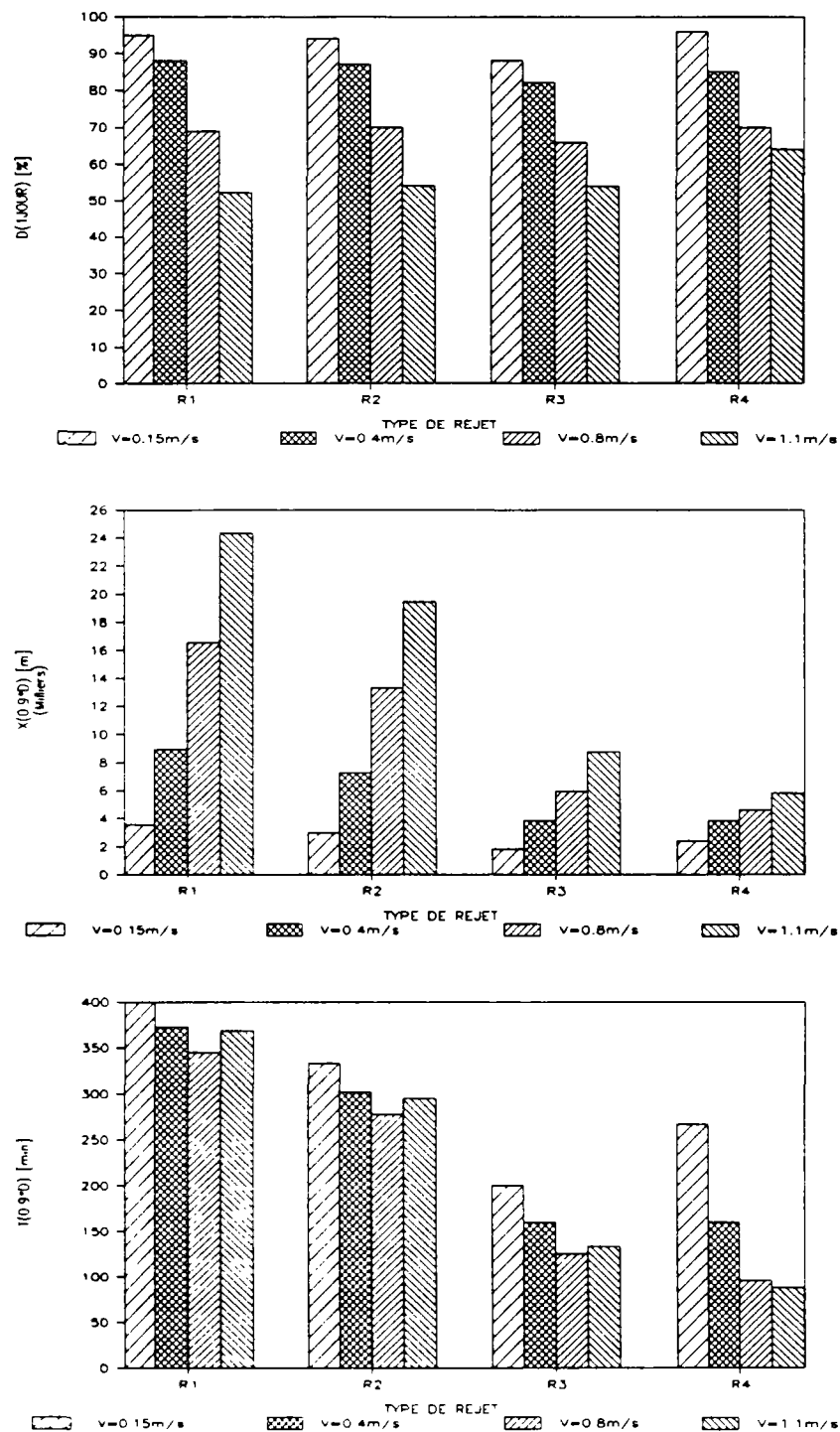


Figure 2 : Devenir des MES des rejets pluviaux urbains d'un réseau séparatif dans la rivière type étudiée
($\eta = 0.001$)

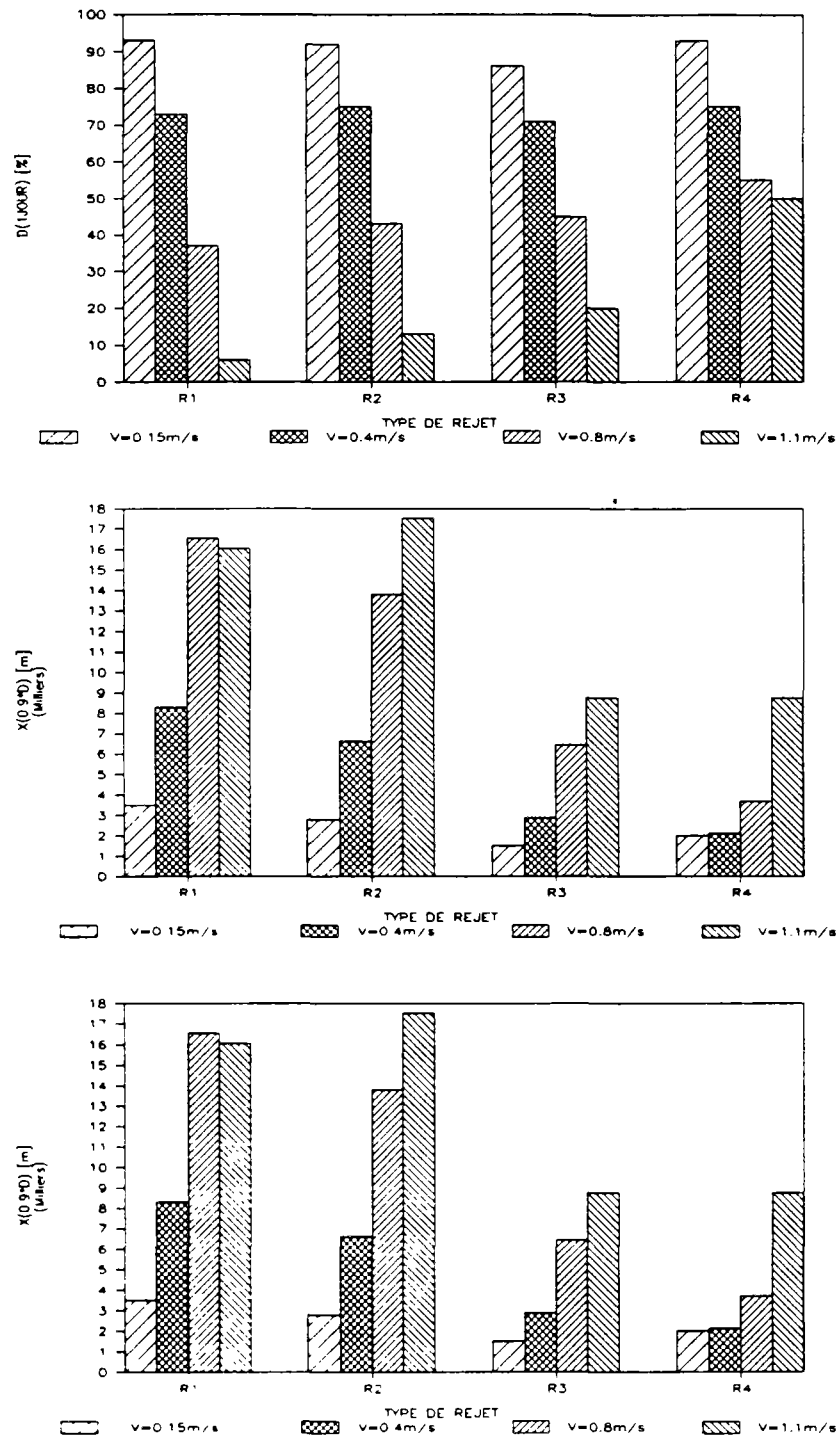


Figure 3 : Devenir des MES des rejets pluviaux urbains d'un réseau séparatif dans la rivière type étudiée ($\eta = 0.005$)

Un calage ultérieur du modèle ne résoud pas ce problème, parce qu'il est très difficile, voire impossible, de pouvoir attribuer à η une valeur unique.

En examinant les résultats de plus près, il semble apparaître que la divergence dans les résultats obtenus pour les deux valeurs de η diminue avec l'augmentation de la masse rejetée et la diminution de la durée du rejet.

b. Rapidité de la sédimentation – Etude des valeurs $t(0.9 \cdot D)$ et $x(0.9 \cdot D)$

– Ordre de grandeur

$V = 0.15\text{m/s}$	$t(0.9 \cdot D)$	= 3h20min – 6h40min	pour	$\eta = 0.001$
		= 2h47min – 6h29min	pour	$\eta = 0.005$
	$x(0.9 \cdot D)$	= 1800 – 3600 m	pour	$\eta = 0.001$
		= 1500 – 3500 m	pour	$\eta = 0.005$
$V = 0.40\text{m/s}$	$t(0.9 \cdot D)$	= 2h40min – 6h13min	pour	$\eta = 0.001$
		= 1h29min – 5h47min	pour	$\eta = 0.005$
	$x(0.9 \cdot D)$	= 3840 – 8960 m	pour	$\eta = 0.001$
		= 2133 – 8320 m	pour	$\eta = 0.005$
$V = 0.80\text{m/s}$	$t(0.9 \cdot D)$	= 1h36min – 5h45min	pour	$\eta = 0.001$
		= 1h17min – 5h45min	pour	$\eta = 0.005$
	$x(0.9 \cdot D)$	= 4600 – 16560 m	pour	$\eta = 0.001$
		= 3680 – 16560 m	pour	$\eta = 0.005$
$V = 1.1\text{m/s}$	$t(0.9 \cdot D)$	= 1h28min – 6h9min	pour	$\eta = 0.001$
		= 2h13min – 4h3min	pour	$\eta = 0.005$
	$x(0.9 \cdot D)$	= 5840 – 24333 m	pour	$\eta = 0.001$
		= 8760 – 16060 m	pour	$\eta = 0.005$

– L'essentiel de la déposition se fait dans les premières heures (1h17min à 6h40min) qui suivent le déversement.

– Les résultats obtenus pour les deux valeurs adoptées de η sont du même ordre de grandeur.

– Les caractéristiques des rejets ont une influence importante sur les valeurs de $t(0.9 \cdot D)$ et $x(0.9 \cdot D)$: plus le rejet est important et court, plus les valeurs de ces deux paramètres sont faibles.

– L'augmentation de la vitesse d'écoulement dans la rivière entraîne à la fois une diminution des valeurs de $t(0.9 \cdot D)$ et un maintien des particules en suspension sur une plus longue distance (augmentation de $x(0.9 \cdot D)$).

2.1.2 Cas des rejets unitaires

Des résultats présentés dans les figures 4 et 5, il ressort :

– Ordre de grandeur

. *Quantité déposée en 1 jour*

V = 0.15 m/s	D (1 jour)	= 77 – 88%	pour $\eta = 0.001$
		= 75 – 86%	pour $\eta = 0.005$
V = 0.4 m/s	D (1 jour)	= 70 – 80%	pour $\eta = 0.001$
		= 55 – 72%	pour $\eta = 0.005$
V = 0.8 m/s	D (1 jour)	= 52 – 68%	pour $\eta = 0.001$
		= 28 – 52%	pour $\eta = 0.005$
V = 1.1 m/s	D (1 jour)	= 40 – 61%	pour $\eta = 0.001$
		= 5 – 42 %	pour $\eta = 0.005$

. *Rapidité de la sédimentation – valeurs de $x(0.9 \cdot D)$ et $t(0.9 \cdot D)$*

V = 0.15m/s	t(0.9*D)	= 2h36min – 7h24min	pour $\eta = 0.001$
		= 2h2min – 7h24min	pour $\eta = 0.005$
	x((0.9*D)	= 1400 – 4000 m	pour $\eta = 0.001$
		= 1100 – 4000 m	pour $\eta = 0.005$
V = 0.40m/s	t(0.9*D)	= 2h – 6h53min	pour $\eta = 0.001$
		= 1h20min – 5h47min	pour $\eta = 0.005$
	x(0.9*D)	= 2880 – 9920 m	pour $\eta = 0.001$
		= 1920 – 8320 m	pour $\eta = 0.005$
V = 0.80m/s	t(0.9*D)	= 2h21min – 5h58min	pour $\eta = 0.001$
		= 1h29min – 5h58min	pour $\eta = 0.005$
	x(0.9*D)	= 6784 – 17174 m	pour $\eta = 0.001$
		= 4294 – 17174 m	pour $\eta = 0.005$
V = 1.1m/s	t(0.9*D)	= 1h28min – 6h16min	pour $\eta = 0.001$
		= 1h51min – 5h10min	pour $\eta = 0.005$
	x(0.9*D)	= 5840 – 24819 m	pour $\eta = 0.001$
		= 7301 – 20440 m	pour $\eta = 0.005$

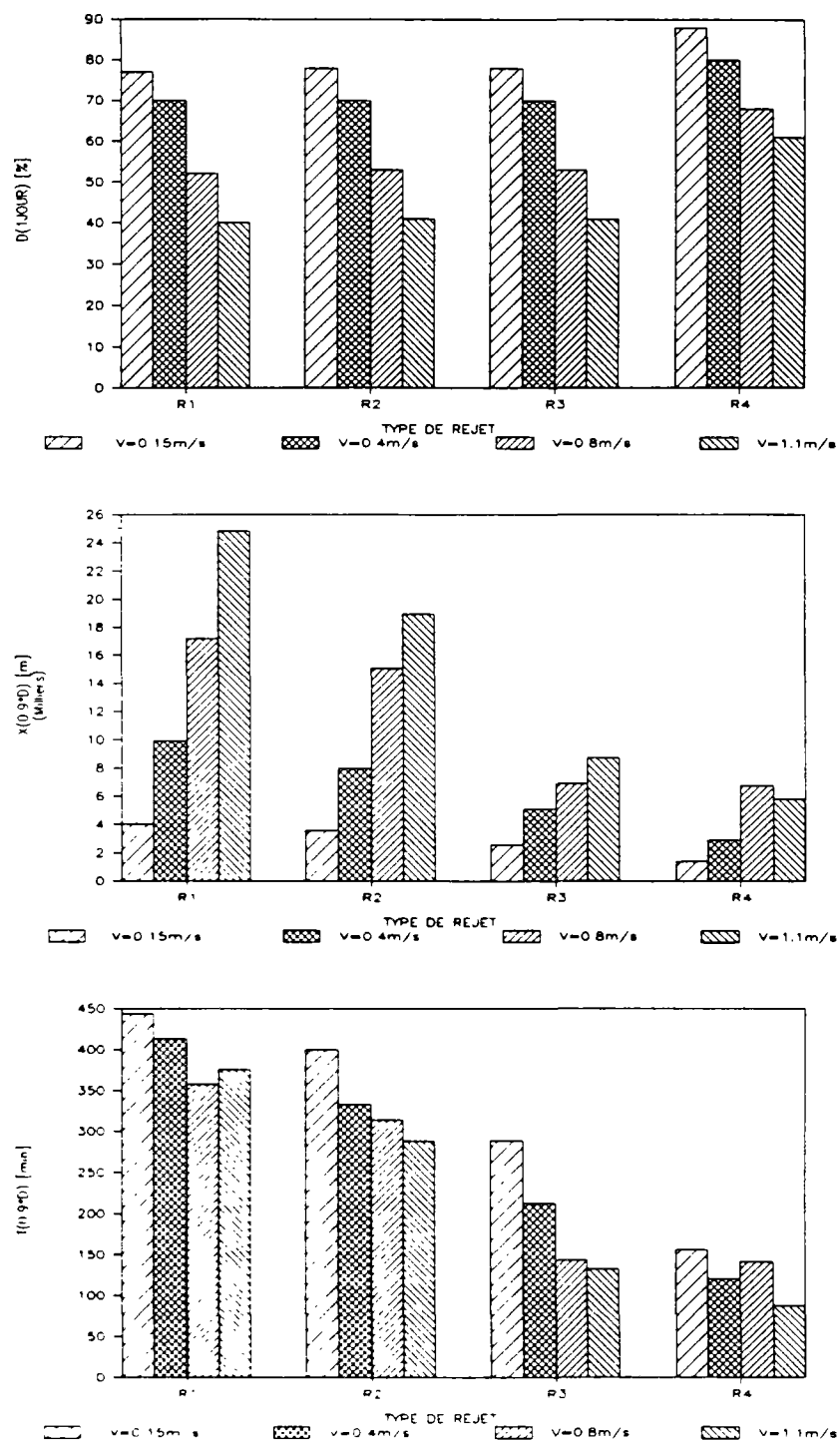


Figure 4 : Devenir des MES des rejets pluviaux urbains d'un réseau séparatif dans la rivière type étudiée
($\eta = 0.001$)

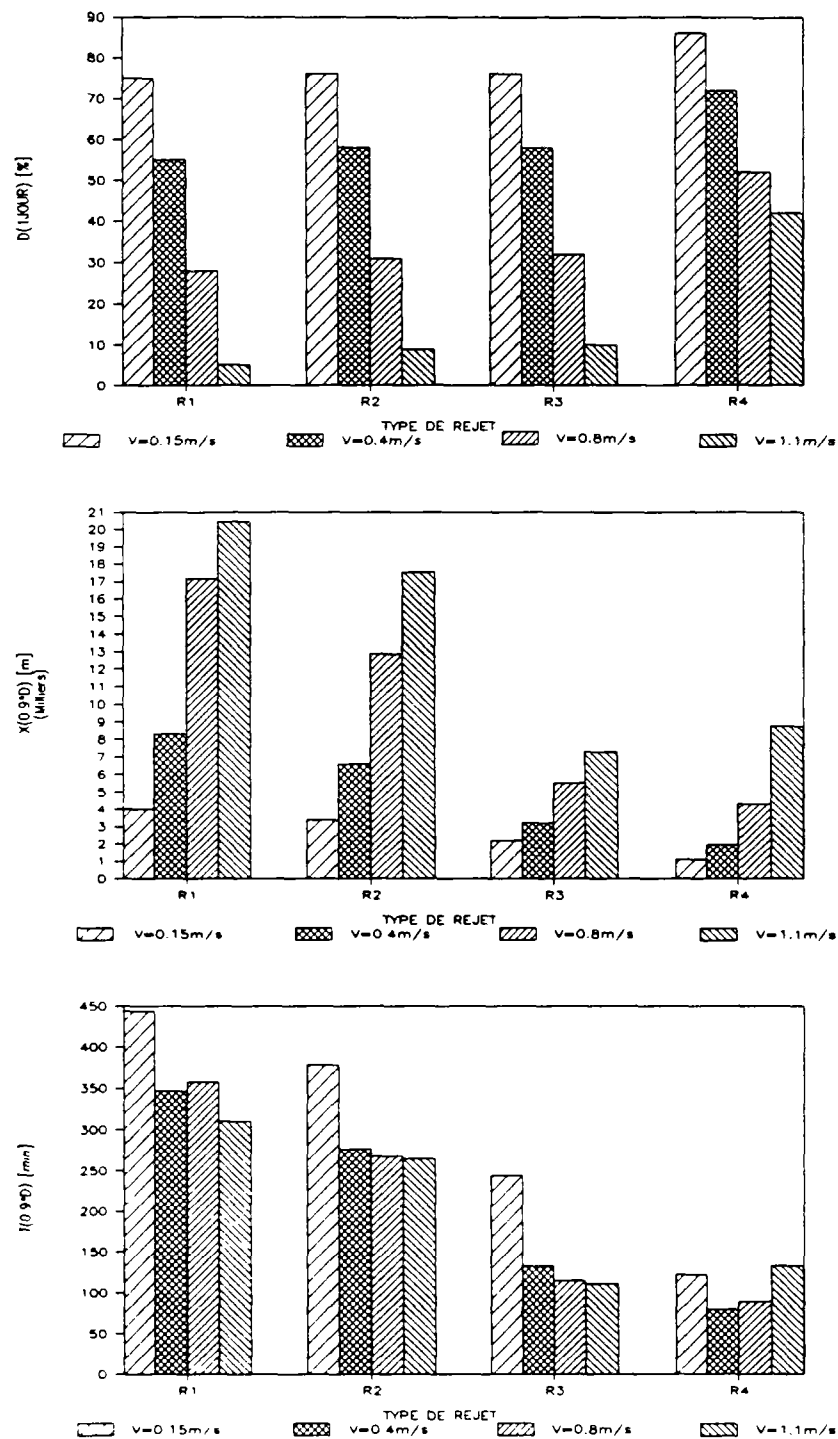


Figure 5 : Devenir des MES des rejets pluviaux urbains d'un réseau séparatif dans la rivière type étudiée
($\eta = 0.001$)

- Comparaison avec les rejets en provenance des rejets séparatifs

1. Les particules solides dans les rejets unitaires sédimentent moins bien et restent dans la plupart des cas plus longtemps en suspension.

Les écarts constatés dans les résultats, entre rejets séparatifs et unitaires, restent assez faibles, même pour les rejets R1, R2, R3 . Ceci malgré les différences existant entre les caractéristiques hydrodynamiques des solides transférés.

A ce niveau, les remarques suivantes peuvent être formulées :

- Nous avons vu dans le chapitre 6 que pour une forte pluie, les caractéristiques hydrodynamiques moyennes (D_{50} , V_{50}) des matières en suspension transférés à l'aval des réseaux séparatifs et unitaires sont du même ordre de grandeur. Il est donc normal que les comportements, dans le milieu naturel, des solides correspondant aux rejets R4-unitaire et R4-séparatif soient assez proches.

- L'échelle de temps adoptée pour notre étude ($= 1$ jour) est grande devant les valeurs trouvées pour $t(0.9 \cdot D)$ ($= 1h20min - 7h24min$). Ceci peut expliquer, en partie, le fait que les écarts dans les résultats ($D(1 \text{ jour})$, $t(0.9 \cdot D)$, $x(0.9 \cdot D)$) entre rejets unitaires et séparatifs soient faibles.

Si nous étudions le problème à une échelle de temps plus faible (quelques heures $< t(0.9 \cdot D)$), nous risquons d'obtenir des différences plus importantes dans les résultats en fonction du type du réseau étudié.

- Les rejets unitaires que nous avons étudiés sont issus de pluies de moyenne à forte importance. Les résultats présentés dans les figures 2 à 5 risquent de ne pas être valables dans le cas des faibles pluies pour lesquelles la sédimentation pourra être beaucoup moins importante et le écarts "séparatifs-unitaires" plus forts.

2. Les tendances que présentent les résultats vis-à-vis des modifications des caractéristiques du rejet (hydrogramme, pollutogramme) ou du changement de la valeur attribuée à η (0.001 à 0.005) semblent être les mêmes quel que soit le type du réseau étudié (unitaire ou séparatif).

2.2. Identification du comportement des particules en fonction de leurs tailles

Nous synthétisons dans les tableaux 4 à 11 les principaux résultats obtenus pour différentes tailles de particules.

Nous utilisons toujours les indices $D(1 \text{ jour})$, $t(0.9 \cdot D)$ et $x(0.9 \cdot D)$. Il semble apparaître :

2.2.1 Cas des rejets en provenance des réseaux séparatifs (tableaux 4 à 7)

– Etude des rejets R1, R2 et R4

1. Pour $V = 0.15 \text{ m/s}$ la sédimentation est bonne même pour les particules très fines. Après un jour de sédimentation, nous retrouvons en dépôt 50 à 71% des particules inférieures à $10 \mu\text{m}$ et la totalité des solides de taille plus grande.

Pour $V = 0.4 \text{ m/s}$ la sédimentation devient faible ($D(1 \text{ jour}) = 9\text{--}35\%$) pour les particules de taille inférieure à $10 \mu\text{m}$. Elle reste bonne ($D(1 \text{ jour}) = 66\text{--}92\%$) pour la classe granulométrique $10\text{--}20 \mu\text{m}$, et très importante ($D(1 \text{ jour}) = 81\text{--}99\%$) pour les solides de tailles plus importantes.

Pour $V = 0.8 \text{ m/s}$ et 1.1 m/s , les résultats divergent suivant la valeur donnée au paramètre η . Les valeurs obtenues pour $\eta = 0.001$ et $\eta = 0.005$ constituent une fourchette à l'intérieur de laquelle se situent les bons ordres de grandeur.

2. Les valeurs de $t(0.9 \cdot D)$ et de $x(0.9 \cdot D)$ diminuent quand la taille des particules augmente. Ceci est dû au fait que la vitesse de sédimentation croît avec les dimensions des particules.

3. Nous pouvons approximer grossièrement les seuils de vitesses de maintien en suspension après un jour de sédimentation) des particules :

Pour les particules de dimensions inférieures à $10 \mu\text{m}$ la vitesse de non dépôt se situe entre 0.4 et 0.8 m/s . Cette valeur est supérieure à 1.1 m/s pour les particules de tailles plus grandes.

Paramètre recherché	Vitesse de l'écoulement [m/s]	taille des particules [μm]			
		< 10 μm	10 – 20	20 – 50	> 50
% déposé (D) en 1 jour	0.15	61 – 71	100	100	100
	0.40	30 – 35	90 – 92	96 – 97	99
	0.80	7 – 8	57 – 62	76 – 85	93 – 97
	1.1	3 – 4	33 – 39	54 – 74	83 – 100
x (0.9 * D) [m]	0.15	10200 – 10800	1800 – 3467	675 – 3101	368 – 2850
	0.40	22400 – 24320	5440 – 9440	2027 – 8320	1097 – 7573
	0.80	11040 – 23920	8586 – 18400	5060 – 16560	1610 – 15640
	1.1	14600 – 25405	10220 – 26280	7008 – 25307	~ 0 – 22873
t (0.9 * D)	0.15	18h53 – 20h	3h20 – 6h25	1h15 – 5h45	0h41 – 5h17
	0.40	15h33 – 16h53	3h47 – 6h33	1h24 – 5h47	0h46 – 5h16
	0.80	3h50 – 8h18	2h59 – 6h23	1h45 – 5h45	0h34 – 5h26
	1.1	3h41 – 6h25	2h35 – 6h38	1h46 – 6h23	0h0 – 5h47

Tableau 4

Devenir des MES des rejets pluviaux urbains :

pluies	:	1, 2, et 4
réseau	:	séparatif
η	:	0.001
taille des particules	:	< 10 μm , 10–20, 20–50, > 50 μm

Paramètre recherché	Vitesse de l'écoulement [m/s]	taille des particules [μm]			
		< 10 μm	10 – 20	20 – 50	> 50
% déposé (D) en 1 jour	0.15	12	92	100	100
	0.40	5	64	95	99
	0.80	1	26	72	95
	1.1	0	13	50	88
x (0.9 * D) [m]	0.15	11600	7001	1280	733
	0.40	31680	13440	3733	1901
	0.80	9016	12880	7360	4232
	1.1	–	17520	10706	5775
t (0.9 * D)	0.15	21h29	12h58	2h22	1h21
	0.40	22h00	9h20	2h36	1h19
	0.80	3h08	4h28	2h33	1h28
	1.1	–	4h25	2h42	1h28

Tableau 5

Devenir des MES des rejets pluviaux urbains :

pluie	:	3
réseau	:	séparatif
η	:	0.001
taille des particules	:	< 10 μm , 10–20, 20–50, > 50 μm

Paramètre recherché	Vitesse de l'écoulement [m/s]	taille des particules [μm]			
		< 10 μm	10 – 20	20 – 50	> 50
% déposé (D) en 1 jour	0.15	50 – 59	98 – 99	99 – 100	100
	0.40	9 – 11	66 – 68	81 – 91	95 – 99
	0.80	1 – 2	20 – 26	35 – 60	67 – 93
	1.1	0 – 1	2 – 17	4 – 49	14 – 92
x (0.9 * D) [m]	0.15	9401 – 10600	1800 – 3450	675 – 3101	368 – 2850
	0.40	6400 – 11520	3520 – 8640	1920 – 8160	1116 – 7680
	0.80	3312 – 10856	4906 – 16560	4600 – 16560	2862 – 15824
	1.1	< 2921	11680 – 14016	16352 – 17520	6570 – 17520
t (0.9 * D)	0.15	17h25 – 19h38	3h20 – 6h23	1h15 – 5h45	0h41 – 5h17
	0.40	4h27 – 8h00	2h27 – 6h	1h20 – 5h40	0h47 – 5h20
	0.80	1h9 – 3h46	1h42 – 5h45	1h36 – 5h45	1h00 – 5h30
	1.1	< 44 min	2h57 – 3h32	4h8 – 4h25	1h40 – 4h25

Tableau 6

Devenir des MES des rejets pluviaux urbains :

pluies	:	1, 2 et 4
réseau	:	séparatif
η	:	0.005
taille des particules	:	< 10 μm , 10–20, 20–50, > 50 μm

Paramètre recherché	Vitesse de l'écoulement [m/s]	taille des particules [μm]			
		< 10 μm	10 – 20	20 – 50	> 50
% déposé (D) en 1 jour	0.15	9	83	99	100
	0.40	1	31	81	98
	0.80	0	7	36	80
	1.1	0	2	11	39
x (0.9 * D) [m]	0.15	10001	6200	1250	733
	0.40	3136	5760	3360	1920
	0.80	-	5520	6746	5336
	1.1	-	8176	10220	8030
t (0.9 * D)	0.15	18h31	11h29	2h19	1h21
	0.40	2h11	4h	2h20	1h20
	0.80	-	1h55	2h21	1h51
	1.1	-	2h4	2h35	2h2

Tableau 7

Devenir des MES des rejets pluviaux urbains :

pluie	:	3
réseau	:	séparatif
η	:	0.005
taille des particules	:	< 10 μm , 10–20, 20–50, > 50 μm

4. En faisant varier les caractéristiques du rejet (hydrogramme–pollutogramme), la vitesse d'écoulement des eaux dans la rivière (0.15 m/s à 1.1 m/s) ou la valeur attribuée au paramètre η (0.001 ou 0.005), les résultats obtenus pour les différentes tailles de particules, présentent les mêmes tendances que celles déjà indiquées pour l'échantillon global.

– Etude du rejet R3

Notons tout d'abord que pour le rejet R3 (tableaux 5 et 7) les vitesses de chute des particules inférieures à 20 μm sont très faibles. Elles sont très différentes des valeurs habituelles trouvées pour des rejets pluviaux d'un réseau séparatif. Ne sachant pas les causes de cette diminution de vitesse de chute, nous ne pouvons que traiter à part et avec beaucoup de prudence les résultats obtenues :

Pour les particules supérieures à 20 μm , les résultats obtenus pour les 4 rejets R1, R2, R3, R4 sont du même ordre de grandeur.

Les particules fines ($< 20\mu\text{m}$) du rejet R3 présentent des valeurs de $D(1 \text{ jour})$, de $t(0.9 \cdot D)$ et de $x(0.9 \cdot D)$ qui montrent que la sédimentation est à la fois médiocre et lente.

Les vitesses de non dépôt après un séjour de 24 heures dans la rivière se situent autour des valeurs suivantes :

- particules $< 10 \mu\text{m}$: 0.15 m/s \leq vitesse de non dépôt \leq 0.4 m/s
- particules de taille 10 – 20 μm : vitesse de non dépôt \approx 1.1 m/s
- particules $> 20 \mu\text{m}$: vitesse de non dépôt $>$ 1.1 m/s

2.2.2 Cas des rejets en provenance des réseaux unitaires (tableaux 8 à 11)

– La comparaison des résultats obtenus pour rejets séparatifs et rejets unitaires montre :

1. Particules $< 10 \mu\text{m}$: la sédimentation des solides des réseaux unitaires est moins bonne, même pour le rejet R4 qui présente une vitesse de chute médiane des particules inférieures à 50 μm très proche de celle trouvée pour les rejets séparatifs.

Les résultats correspondant aux rejets unitaires type R1, R2, R3 et au rejet séparatif type R3 sont du même ordre de grandeur.

Le rejet unitaire de type R4 présente des valeurs de $D(1 \text{ jour})$ plus importantes que les autres rejets unitaires, mais elles restent plus faibles que ceux correspondant aux rejets séparatifs.

Paramètre recherché	Vitesse de l'écoulement [m/s]	taille des particules [μm]			
		< 10 μm	10 - 20	20 - 50	> 50
% déposé (D) en 1 jour	0.15	12 - 13	97 - 98	100	100
	0.40	5	73	94 - 95	99
	0.80	1	30 - 32	68 - 71	92 - 94
	1.1	0	15 - 16	46 - 48	82 - 85
x (0.9 * D) [m]	0.15	11000 - 11400	5200 - 6600	1320 - 3300	744 - 2850
	0.40	23040 - 27520	11520 - 16000	3733 - 8960	1920 - 7573
	0.80	7360 - 16560	12880 - 21160	7155 - 17020	4349 - 15334
	1.1	-	14600 - 29200	10706 - 24333	5840 - 22776
t (0.9 * D)	0.15	20h22 - 21h7	9h38 - 12h13	2h27 - 6h7	1h23 - 5h17
	0.40	16h00 - 19h7	8h00 - 11h07	2h36 - 6h13	1h20 - 5h16
	0.80	2h33 - 5h45	4h28 - 7h21	2h29 - 5h55	1h31 - 5h19
	1.1	-	3h41 - 7h22	2h42 - 6h9	1h28 - 5h45

Tableau 8

Devenir des MES des rejets pluviaux urbains :

pluies	:	1, 2 et 3
réseau	:	unitaire
η	:	0.001
taille des particules	:	< 10 μm , 10-20, 20-50, > 50 μm

Paramètre recherché	Vitesse de l'écoulement [m/s]	taille des particules [μm]			
		< 10 μm	10 - 20	20 - 50	> 50
% déposé (D) en 1 jour	0.15	26	100	100	100
	0.40	11	86	97	99
	0.80	2	51	83	95
	1.1	1	33	70	97
x (0.9 * D) [m]	0.15	10600	2500	689	378
	0.40	23680	6400	2103	1152
	0.80	11040	10120	5111	2548
	1.1	5840	14600	7301	3754
t (0.9 * D)	0.15	19h38	4h38	1h17	0h42
	0.40	16h27	4h27	1h28	0h48
	0.80	3h50	3h31	1h46	0h53
	1.1	1h28	3h41	1h51	0h57

Tableau 9

Devenir des MES des rejets pluviaux urbains :

pluie	:	4
réseau	:	unitaire
η	:	0.001
taille des particules	:	< 10 μm , 10-20, 20-50, > 50 μm

Paramètre recherché	Vitesse de l'écoulement [m/s]	taille des particules [μm]			
		< 10 μm	10 – 20	20 – 50	> 50
% déposé (D) en 1 jour	0.15	9 – 10	89 – 90	98 – 99	100
	0.40	1	36 – 38	75 – 79	95 – 97
	0.80	0	7 – 9	28 – 33	66 – 74
	1.1	0	1 – 2	3 – 7	14 – 28
x (0.9 * D) [m]	0.15	9800 – 12400	4600 – 6000	1300 – 3250	744 – 2850
	0.40	3200 – 11520	5760 – 10240	3360 – 8533	1991 – 7840
	0.80	–	7360 – 14720	7360 – 16560	5315 – 15640
	1.1	–	8760 – 17520	7301 – 17520	7301 – 18981
t (0.9 * D)	0.15	18h9 – 22h58	8h31 – 11h7	2h24 – 6h1	1h23 – 5h17
	0.40	2h13 – 8h	4h – 7h7	2h20 – 5h56	1h23 – 5h27
	0.80	–	2h33 – 5h07	2h33 – 5h45	1h51 – 5h26
	1.1	–	2h30 – 4h25	1h51 – 4h25	1h51 – 4h48

Tableau 10

Devenir des MES des rejets pluviaux urbains :

pluies	:	1, 2, 3
réseau	:	unitaire
η	:	0.005
taille des particules	:	< 10 μm , 10-20, 20-50, > 50 μm

Paramètre recherché	Vitesse de l'écoulement [m/s]	taille des particules [μm]			
		< 10 μm	10 – 20	20 – 50	> 50
% déposé (D) en 1 jour	0.15	21	98	100	100
	0.40	3	60	90	98
	0.80	1	22	57	88
	1.1	0	13	40	78
x (0.9 * D) [m]	0.15	10600	2400	700	378
	0.40	7040	4160	2027	1152
	0.80	7360	5520	5152	3397
	1.1	–	11680	10220	6424
t (0.9 * D)	0.15	19h38	4h27	1h18	0h42
	0.40	4h53	2h53	1h24	0h48
	0.80	2h33	1h55	1h47	1h11
	1.1	–	2h57	2h35	1h37

Tableau 11

Devenir des MES des rejets pluviaux urbains :

pluie	:	4
réseau	:	unitaire
η	:	0.005
taille des particules	:	< 10 μm , 10-20, 20-50, > 50 μm

2. Particules de taille 10 – 20 μm :

Pour les rejets R1, R2 et R3 la sédimentation des particules unitaires est moins bonne. Les écarts "séparatifs-unitaires" sont faibles à négligeables pour $V = 0.15 \text{ m/s}$. Ils deviennent conséquents à partir de $V = 0.4 \text{ m/s}$.

Les résultats concernant le rejet R4 ressemblent beaucoup à ceux des rejets pluviaux.

3. Particules $> 20 \mu\text{m}$:

Pour $V = 0.15 \text{ m/s}$ et 0.4 m/s les résultats obtenus sont du même ordre de grandeur pour les deux types de réseaux.

Pour des vitesses d'écoulement d'eau dans la rivière plus importantes, des écarts commencent à apparaître, mais les divergences dans les résultats pour les deux valeurs adoptées de η (0.001 et 0.005) prennent le pas sur les différences constatées entre réseaux unitaires et séparatifs.

4. En règle générale, les valeurs de $t(0.9 \cdot D)$ et de $x(0.9 \cdot D)$ obtenues pour les particules provenant d'un réseau unitaire, sont plus importantes que celles correspondant au cas d'un réseau séparatif.

– Les vitesses de non dépôt après un jour de sédimentation semblent être situées entre 0.15 m/s et 0.4 m/s pour les particules inférieures à $10 \mu\text{m}$, égales à 1.1 m/s pour la classe granulométrique $10\text{--}20 \mu\text{m}$ et supérieures à 1.1 m/s pour les solides de tailles plus importantes.

ANNEXE A4

CARACTERISATION DES SOURCES DES MES DES REJETS PLUVIAUX URBAINS

- A 4.1. Caractérisation des solides en suspension
dans les eaux de ruissellement urbain**
- A 4.2. Caractérisation des solides des dépôts dans les canalisations amont
du bassin versant 13 à Marseille**
- A 4.3. Caractérisation des solides des dépôts
dans le collecteur 13 à Marseille**
- A 4.4. Caractérisation des solides en suspension dans les eaux usées urbaines**
- A 4.5. Caractérisation des solides en suspension, par temps de pluie,
à l'aval de deux petits bassins versants unitaires, Marly et Trianon à Bordeaux**
- A 4.6. Procédure adoptée pour déterminer la contribution des diverses sources à la pollution
des écoulements pluviaux urbains d'un réseau unitaire**

ANNEXE A 4.1

CARACTERISATION DES SOLIDES EN SUSPENSION DANS LES EAUX DE RUISSELLEMENT URBAIN

1. GENERALITES

Un échantillon des solides prélevés, dans un avaloir, à l'entrée du réseau, nous a été transmis par le Laboratoire de recherche du Service d'Assainissement de la Ville de Toulouse.

Les solides prélevés sont représentatifs d'un site routier. Seulement les trente premiers litres transités dans l'avaloir ont été prélevés.

2. GRANULOMETRIE

2.1. Présentation et analyse des résultats (Toulouse, site routier)

Les résultats obtenus se trouvent dans l'annexe C 2.1. La courbe granulométrique cumulative est donnée dans la figure n° 1. Les ordres de grandeur des indices granulométriques sont résumés dans les tableaux 1 et 2.

L'utilisation des ultrasons influe beaucoup sur les caractéristiques granulométrique des particules fines ($< 50 \mu\text{m}$) ; pour s'en convaincre, il suffit de regarder les résultats du tableau 2.

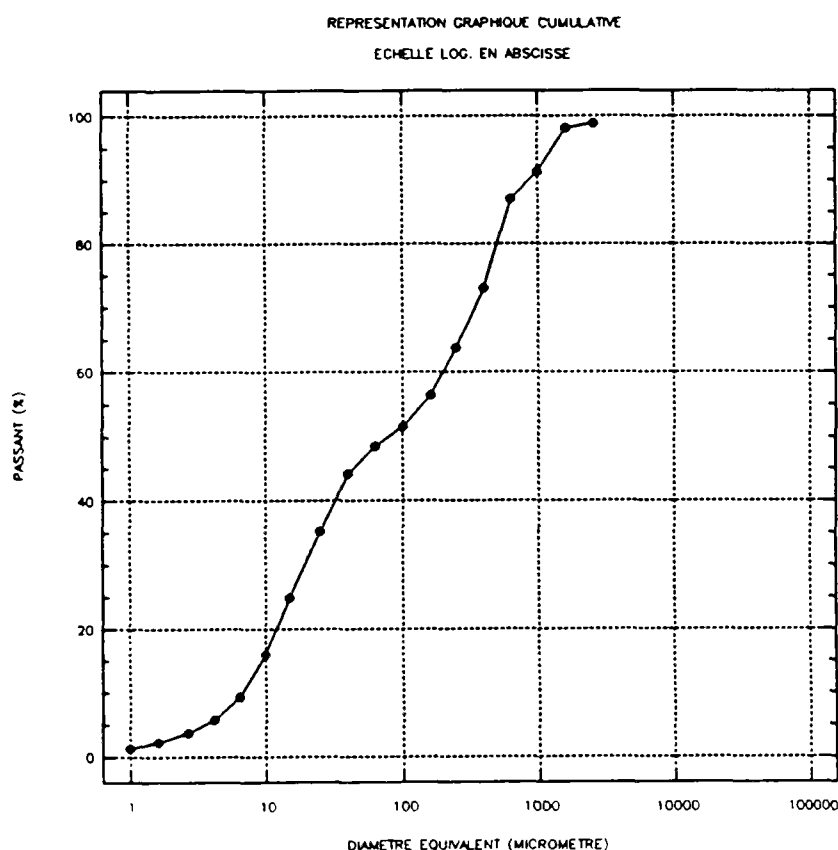


Figure 1 : Courbe granulométrique cumulative correspondant aux solides prélevés, par temps de pluie, dans un avaloir, à l'entrée du réseau d'assainissement de la ville de Toulouse

Mode opératoire	% < 100 μm	D10 (μm)	D50 (μm)	D90 (μm)
Sans ultrasons	51.54	6.68	81.00	887.45
Avec ultrasons	51.54	2.44	81.00	887.45

Tableau 1 : Caractéristiques granulométriques des solides prélevés dans un avaloir à l'entrée du réseau d'assainissement de la ville de Toulouse

Mode opératoire	Caractéristiques granulométriques		
	D10 (μm)	D50 (μm)	D90 (μm)
Sans ultrasons	3.33	14.08	35.30
4 mn d'ultrasons	1.21	7.26	27.46

Tableau 2 : Caractéristiques granulométriques des particules fines (<50 μm) prélevés dans un avaloir à l'entrée du réseau d'assainissement de la ville de Toulouse

2.2. Comparaisons avec les données bibliographiques

Dans le tableau 3, nous présentons une synthèse bibliographique concernant la granulométrie des solides véhiculés en suspension par les eaux de ruissellement. Concernant ces résultats, les remarques suivantes pourront être faites :

1. Par comparaison avec nos résultats, [ARTIERES O., 1987 – VIGNOLES M., 1991 – DESBORDES M. et SERVAT E., 1986 (cité dans ARTIERES O., 1987)] ont trouvé les mêmes ordres de grandeurs
2. Les résultats annoncés par BALADES J.D. et al., 1985 [cité dans ARTIERES O., 1987] sont proches de ceux de [ROBERTS A.H., ELLIS J.B., WHALLEY W.B., 1988]. Ils annoncent que les particules des eaux de ruissellement sont beaucoup plus fines
3. Nous pouvons remarquer que le matériel de prélèvement utilisé par [ROBERTS A.H., ELLIS J.B., WHALLEY W.B., 1988] consiste en une pipette de 20 ml ayant un diamètre de prélèvement de 1 mm. Ce système ne permet pas le piégeage des particules de dimensions supérieures à 1000 μm . Il peut aussi induire une ségrégation dans le prélèvement qui aura pour conséquence de donner plus de poids aux fines particules
4. Il semble apparaître d'après les résultats de ARTIERES O. (1987), VIGNOLES M. (1991), ROBERTS A.H., ELLIS J.B., WHALLEY W.B. (1988) qu'il y a une variabilité des résultats granulométriques suivant les caractéristiques de l'événement étudié

Références	Caractéristiques granulométriques	Sites et remarques
[1*]	Aptitude des sédiments des caniveaux à être transportée par la lame d'eau : - < 30 μm : transport très facile - 30-200 μm : transport facile - 200-2000 μm : transport difficile - > 2000 μm : particules non transportables	Ville : Entzheim, France
[2*]	50 % des particules, en masse < 50 μm	Site : chaussée urbaine
[3*]	49 % des particules, en masse < 12.5 μm	Site : chaussée urbaine
[4*]	90 % des particules, en masse < 80 μm	Site : autoroute
[5*]	Q _{ruiss.} < 0.5 l/s : % des particules en masse > 500 μm =25 % Q _{ruiss.} > 0.5 l/s : % des particules en masse > 500 μm =50 %	- prélèvement de 30 premiers litres ruisselés au niveau d'un avaloir - ville : Toulouse, France
[6*]	Nombre de mesures = 5 D10 : min = 3.12 μm moy = 5.37 μm max = 9.9 μm écart type = 2.35 μm D50 : min = 9.28 μm moy = 24.18 μm max = 59.7 μm écart type = 18.17 μm D90 : min = 61.62 μm moy = 103.81 μm max = 181.5 μm écart type = 43.7 μm	- Site : Nord Ouest de Londres, Grande Bretagne - Méthode de prélèvement : pipette de 20 ml, diamètre d'aspiration = 1 mm, quantité prélevée = 5 g
[7*]	D10=177 μm , D50=508 μm , D90=2810 μm	- Ville : Nottingham, UK - le matériel de prélèvement laisse passer les particules < 90 μm
Référence : [1*] : [ARTIERES O., 1987] [2*] : [DESBORDES M., SERVAT E., 1986, cité dans ARTIERES O., 1987] [3*] : [BALADES J.D. et al., 1985, cité dans ARTIERES O., 1987] [4*] : [SETRA, 1980, cité dans ARTIERES O., 1987] [5*] : [VIGNOLES M., 1991] [6*] : [ROBERTS A.H., ELLIS J.B., WHALLEY W.B., 1988] [7*] : [PRATT A., ADAMS J.R.W., 1981]		

Tableau 3 : Synthèse bibliographique concernant les caractéristiques granulométriques des solides en suspension dans les eaux de ruissellement

5. Les solides étudiés par PRATT C. et ADAMS J.R.W. (1981) ont été prélevés grâce à la mise en place au niveau d'un avaloir d'un empilement de tamis de mailles supérieures à $90\ \mu\text{m}$. Les résultats obtenus ne tiennent pas compte de la fraction inférieures à $90\ \mu\text{m}$ qui est probablement, comme ailleurs très importante. Ils ne sont pas donc représentatifs de la totalité des matières en suspension entrant en temps de pluie dans les avaloirs. Ils montrent cependant que les eaux de ruissellement peuvent entraîner des particules qui peuvent atteindre plus de $2000\ \mu\text{m}$.

Il est intéressant de comparer les caractéristiques des solides en suspension dans les eaux de ruissellement (tableau 3) à celles des particules qui s'accumulent en temps sec, à la surface des bassins versants (tableau 4). Nous remarquons que ces dernières paraissent beaucoup plus grossières. Ceci s'explique par les deux faits suivants :

1. les ruissellements urbains semblent ne pas avoir l'énergie nécessaire pour transporter les grosses particules minérales, souvent lourdes
2. les mesures ont été effectuées sur des solides récupérés à la surface des bassins versants, souvent par balayage à l'aide d'un pinceau. Ce mode de prélèvement peut induire une sous estimation des fines particules. La granulométrie des sédiments accumulés sur les surfaces imperméabilisées peut donc être en réalité moins forte que ne le montre le tableau 4.

En tout cas, la comparaison entre les tableaux 3 et 4 montre la gravité de l'erreur qui peut être commise par beaucoup de spécialistes, essentiellement des modélisateurs, quand ils prennent comme paramètres d'entrée à leurs modèles les résultats du tableau 4 pour représenter la granulométrie des solides qui pénètrent dans les réseaux d'assainissement par temps de pluie, en assimilant ceux ci à ceux qui sont accumulés sur les surfaces urbaines, dont les caractéristiques granulométriques prises en compte sont peut être biaisées par le mode de prélèvement.

Référence	Caractéristiques granulométriques			Remarques
	D10 (μm)	D50 (μm)	D90 (μm)	
[1*]	110 60 140	2200 280 550	> 5000 2500 2000	solides sur les trottoirs solides dans les caniveaux solides sur les chaussées Ville : Entzheim, FRANCE Méthode de prélèvement : pinceau
[2*]	60	220	1300	Surface extérieure d'un centre commercial
[3*]	75	400	4500	- Solides déposés sur une largeur de 2 m à partir du trottoir - Elimination des matières organiques grossières avant mesures - Ville : Saint Bruno de Montarville, QUEBEC
[4*]	37	455	4069	Synthèse de 5 villes américaines
[5*]	-	< 590	1421	Ville : Chicago, USA
[6*]	62	269	1122	Ville : Washington, USA
[7*]	% < 60 μm = 4 - 8 %			Site : aéroport, Nord Ouest de Londres, GRANDE BRETAGNE
Moyenne	78	620	2739	-
Références : [1*] : [ARTIERES O., 1987] [2*] : [MARSALEK J., 1984] [3*] : [LEDUC R., OULDALI S., 1989] [4*] : [SARTOR J.D., BOYD G.B., 1972, cité dans KLEMETSON S.L., 1985] [5*] : [cité dans KLEMETSON S.L., 1985] [6*] : [SHAHEEN D.G., 1975, cité dans KLEMETSON S.L., 1985] [7*] : [ELLIS J.B., 1977]				

Tableau 4 : Synthèse bibliographique concernant les caractéristiques granulométriques des solides accumulés sur la surface des bassins versants

3. MASSE VOLUMIQUE ET TENEUR ORGANIQUE

3.1. Masse volumique (Toulouse, site routier)

Les masses volumiques ont été mesurées sur les particules de dimensions inférieures et supérieures à 100 μm . Les résultats obtenus sont les suivants :

- particules < 100 μm : $\rho = 2.7 \text{ g/cm}^3$
- particules > 100 μm : $\rho = 2.7 \text{ g/cm}^3$
- ==> totalité : $\rho = 2.7 \text{ g/cm}^3$

La densité des particules de taille supérieure à 100 μm paraît très forte. Ceci s'explique par le fait que les mesures ont été effectuées après élimination des débris de végétaux (moins denses) avant les mesures.

Notons enfin que les résultats correspondent à un événement pluvial donné (pluie moyenne). Ils ne peuvent pas donc être considérés comme représentatifs de la moyenne des solides qui peuvent entrer par temps de pluie dans le réseau.

3.2. Teneur organique dans les solides des eaux de ruissellement urbain

Pour évaluer la teneur organique des matières en suspension des eaux de ruissellement urbain, nous nous sommes basés sur les données de la campagne française de mesure qui a eu lieu entre 1980 et 1982.

Nous disposons de valeurs de MVS et MES dans les eaux transférées dans des réseaux assez strictement pluviaux à l'aval de petits bassins versants urbains. Il s'agit des sites : Maurepas, Les Ulis, Aix Zup et Aix Nord.

Le caractère séparatif des réseaux, l'absence de dépôts dans ceux-ci et la taille assez faible des bassins versants étudiés nous permettent de considérer que ces résultats sont assez représentatifs des eaux pénétrant dans un réseau.

Les données disponibles concernent des séries chronologiques assez longues. Elles ont permis d'estimer les charges annuelles en MVS et MES. La teneur organique moyenne annuelle est considérée comme étant égale à :

$$\frac{\text{charge annuelle en MVS}}{\text{charge annuelle en MES}} \cdot 100$$

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau 5.

Site	Surface du bassin versant (ha)	Charges annuelles		MVS/MES moyenne annuelle (%)
		MES (kg/an)	MVS (kg/an)	
MAUREPAS	26.7	21780	5590	26
LES ULIS	43.1	41230	10570	26
AIX ZUP	25.6	16130	3840	24
AIX NORD	92	25320	13320	53

Tableau 5 : Teneur organique dans les matières en suspension à l'aval des petits bassins versants pluviaux

Il apparaît que la teneur organique moyenne annuelle est assez stable et égale à 25 %. La valeur importante trouvée à Aix Nord est à écarter du fait que le caractère pluvial strict de ce site a été mise en doute au cours de la campagne de mesure.

Dans le tableau 6, nous avons présenté une synthèse de ce que nous avons trouvé dans la littérature. Nous remarquons que :

1. nos résultats sont en moyenne du même ordre de grandeur que ceux de [DALRYMPLE R.J., HODD S.L., MORIN D.C., 1975 – VIGNOLES M., 1991 – PHILIPPE J.P., RANCHET J., 1987]. Ils sont plus faibles que ceux trouvés par [PRATT C., ADAMS J.R.W., 1981 – SODERLAND G., 1972]
2. il y a une variabilité des résultats en fonction des caractéristiques des événements pluvieux
3. la teneur organique des matières en suspension entrant par temps de pluie, dans les réseaux d'assainissement peuvent atteindre au cours de certains événements pluvieux des valeurs importantes 50–70 %. Notons à ce niveau que les résultats de PRATT C. et ADAMS J.R.W. (1981) sont représentatifs des particules de dimension $> 90 \mu\text{m}$ et qu'en général, en effet les solides de grande taille contiennent beaucoup de débris végétaux, ce qui peut expliquer les différences constatées.

Référence	MVS/MES [%]	Sites et remarques
[1*]	MVS/MES = 11-40 % moy. = 25 %	- Synthèse bibliographique : (Ann Arbor, Michigan, Cincinnati, Ohio, Stockholm, Suède)
[2*]	MVS/MES = 30-40 % moy. = 35 %	- Sédiments en provenance des toitures - Ville : Entzheim, FRANCE
[3*]	MVS/MES = 18-25 % moy. = 22.3 %	- Prélèvements des 30 premiers litres ruisselés - Ville : Toulouse, FRANCE
[4*]	MVS/MES = 1.6-93 % moy. = 35 %	- Ville : Nottingham, UK - Le matériel de prélèvement laisse passer les particules < 90 μ m
[5*]	MVS/MES = 40-66 % moy. = 51 %	- Cas étudiés : pavillonnaire, centre urbain, route urbaine, zone urbaine totale
[6*]	MVS/MES = 14-51 % moy. = 29 %	- Prélèvement à l'exutoire d'un bassin versant pluvial de 53.3 ha - Site : Vélizy Ouest - Nombre de mesures : 22
Références : [1*] : [DALRYMPLE R.J., HODD S.L., MORIN D.C., 1975] [2*] : [ARTIERES O., 1987] [3*] : [VIGNOLES M., 1991] [4*] : [PRATT C., ADAMS J.R.W., 1981] [5*] : [SODERLUND G., 1972, cité dans RIBSTEIN P., DESBORDES M., 1978] [6*] : [PHILIPPE J.P., RANCHET J., 1987]		

Tableau 6 : Synthèse bibliographique concernant la teneur organique dans les matières en suspension des eaux de ruissellement urbain

Il est intéressant de comparer les teneurs organiques des solides trouvés dans les eaux de ruissellement (tableaux 5 et 6) et ceux qui sont accumulés par temps sec à la surface des bassins versants (tableau 7). A l'exception des résultats de ELLIS J.B. (1977), il semble apparaître que les solides accumulés à la surface des bassins versants sont plus minéraux que ceux prélevés dans les eaux de ruissellement. Cette constatation nous paraît logique puisque les eaux de ruissellement entraînent préférentiellement les particules très fines et légères (donc plus organiques) qui semblent être plus chargées en matières organiques accumulées à la surface des bassins versants. Notons enfin que les sédiments à la surface des bassins versants pourront être plus organiques que ce qu'annoncent ARTIERES O. (1987), SARTOR J.D. et BOYD G.B. (1972). En effet, les modes de prélèvement adoptés privilégient les grosses particules.

Référence	MVS/MES	Sites et remarques
[1*]	MVS/MES moy. = 5 %	moyenne sur 3 sites à Entzheim, France
[2*]	MVS/MES = 20-50 %	- Nord ouest de Londres - Caoutchouc + bitume = 3/4 de la matière organique
[3*]	MVS/MES = 6-10 % moy. = 8 %	- cas étudiés : résidentiel, commercial et industriel
Références : [1*] : [ARTIERES O., 1987] [2*] : [ELLIS J.B., 1977] [3*] : [SARTOR J.D, BOYD J.B., 1972]		

Tableau 7 : Synthèse bibliographique concernant la teneur organique dans les solides accumulés à la surface des bassins versants

4. VITESSE DE CHUTE (TOULOUSE, SITE ROUTIER)

Les vitesses de chute sont mesurées sur les fractions granulométriques inférieures et supérieures à $50\ \mu\text{m}$.

Les résultats sont donnés sous forme numérique et graphique dans l'annexe C 2.2.

Connaissant le pourcentage massique que représente les particules inférieures et supérieures à $50\ \mu\text{m}$, nous avons pu constituer la répartition de vitesse de l'échantillon global.

La figure 2 représente les courbes cumulatives obtenues.

Le tableau 8 résume les résultats concernant l'échantillon que nous avons étudié et ceux obtenus par le service d'assainissement de la ville de TOULOUSE sur le même site mais pour d'autres échantillons.

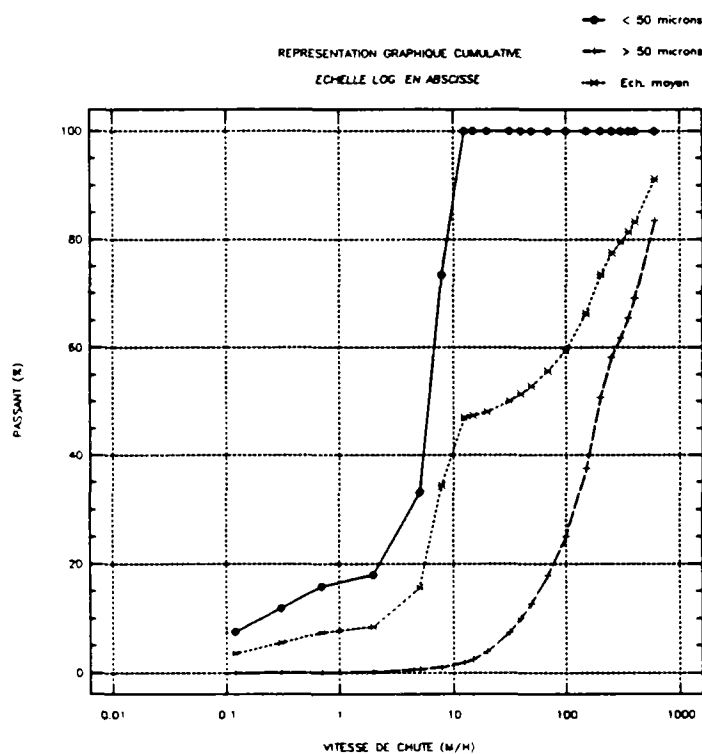


Figure 2 : Répartitions graphiques cumulatives des vitesses de chute des solides prélevés, par temps de pluie, dans un avaloir, à l'entrée du réseau d'assainissement de la ville de Toulouse

Classes granulométriques	Estimation de vitesse de chute			Références
	V10 (m/h)	V50 (m/h)	V90 (m/h)	
< 50 μm	0.2	6.2	10.6	[1*]
> 50 μm	40	197	690	
Echantillon global	2.6	31	572	
< 50 μm	0.06	3.5	9	[2*]
> 50 μm	12.5	100	600	
Références :				
[1*] : [notre étude]				
[2*] : [VIGNOLES M., 1991]				

Tableau 8 : Vitesses de chute des solides des eaux de ruissellement urbain (site d'étude : avaloirs de la ville de Toulouse)

Il apparaît bien que les vitesses de chute varient d'une pluie à une autre et qu'elles sont en général très élevées, y compris pour les particules fines de taille inférieure à 50 μm .

Ces résultats sont obtenus pour des pluies moyennes à importantes. Ils ne peuvent pas être utilisés pour les petites pluies où la teneur en matière organique peut atteindre des valeurs importantes (70 %).

ANNEXE A 4.2

**CARACTERISATION DES SOLIDES DES DEPOTS DANS LES CANALISATIONS AMONT DU
BASSIN VERSANT DU COLLECTEUR 13 A MARSEILLE**

André BACHOC – Ghassan CHEBBO

1. GENERALITES

Dans cette annexe nous étudions les caractéristiques des solides constituant les dépôts au fond des canalisations amont du bassin versant du collecteur 13 à Marseille.

Les protocoles expérimentaux adoptés, ainsi que les caractéristiques des canalisations choisies sont donnés dans le chapitre 4 de la thèse.

Nous rappelons ici que :

1. les canalisations étudiées couvrent une gamme assez importante de diamètres (300 mm à 500 mm), de pentes (0.2 % à 7.6 %), de surfaces drainées (0.2 ha. imp. à 3.1 ha. imp.), de degré de ramification et de mode d'occupation des sols.

2. pour le degré de ramification, nous avons adopté le codage suivant :

1. la canalisation ne reçoit aucune autre canalisation et le tronçon curé d'une longueur de l'ordre de 60 m s'étend de la tête de réseau, qui est l'extrémité amont de cette canalisation au regard de prélèvement, c'est un "tronçon de tête"

2.1. le tronçon curé se situe sur une canalisation qui n'en reçoit pas d'autres, mais son extrémité amont se positionne au niveau d'un regard ou d'un point, lui même situé à l'aval d'un "tronçon de tête"

2.2., 3.2. ces tronçons sont situés à l'aval de 2 (respectivement 3) tronçons d'une longueur de 40 à 80 m, ces tronçons étant des tronçons de tête ou des tronçons de type 2.1 (respectivement 2.1 ou 2.2).

2. GRANULOMETRIE (CANALISATIONS DU BASSIN VERSANT 13, MARSEILLE)

2.1. Granulométrie des échantillons moyens

Les résultats obtenus sont données en annexe C 2.1. Les courbes cumulées s'inscrivent dans le fuseau donné dans la figure 1 Les indices granulométriques correspondant sont résumés dans le tableau 1.

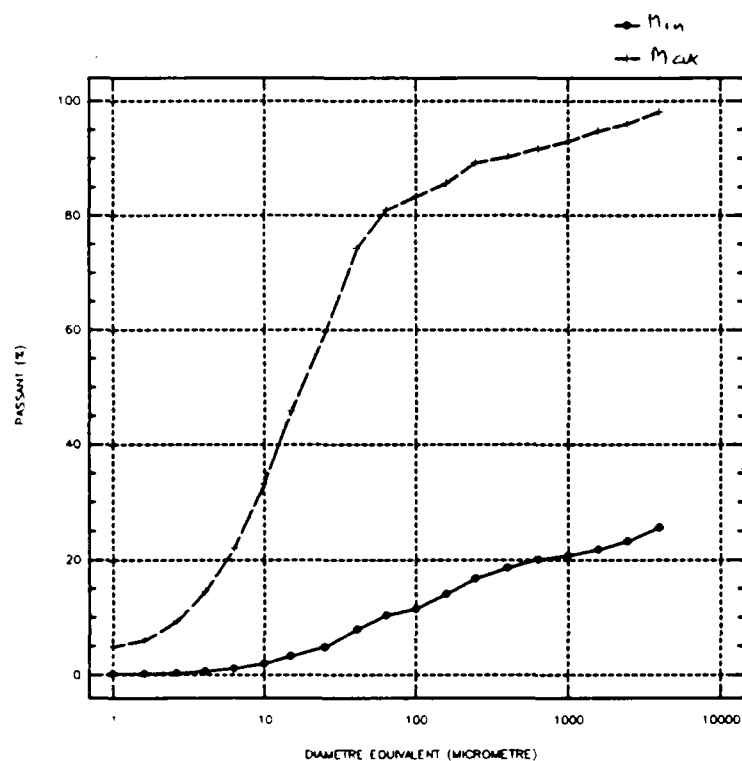


Figure 1: Courbes enveloppes des distributions granulométriques cumulées pour les dépôts échantillonnés dans les canalisations amont du bassin versant n° 13 à Marseille

Endroit de prélèvement (rue)	Diamètre [mm]	Pente [%]	Degré de ramif.	Surface drainée [ha]	%<100 μm	D50 [μm]	ρ_s moyen (g/cm^3)	MVS /MES [%]	Couleur/ aspect
D'Isoard	300	1.15	1	0.3	39.6	179	2.62	5.1	gris/collant
des 3 mages	300	2.31	2.2	2	11.6	7894	2.62	9.4	marron et noir
Sibié	300	3.63	2.1	0.5	11.5	> 10000	2.43	27.7	–
du Coq	300	4.88	1	0.2	40.8	135	2.35	15.6	gris
de la Grande Armée	300	7.58	2.1	0.4	42.8	251	2.06	29.3	marron, bouffées grises
Impasse Cd Mages	400	0.2	1	1.2	71.8	24	2.38	13.8	très gris
Jean de Bernardy (-> L. Grobet)	400	1.19	2.1	0.6	13.6	7749	2.35	18.9	marron, bouffées grises
Jean de Bernardy (-> Isoard)	400	4	2.1	0.7	23.5	1856	2.29	18.5	marron + gris
Espérandieu (3 mages -> L. Grobet)	400	4.1	2.2	1	35.2	495	1.97	38.2	–
Espérandieu (C.Flammarion -> 3 mages)	400	5.12	1	0.6	83.3	< 100	2.06	29.4	marron, bouffées grises
Consolat	500	2.1	3.2	1.7	72.2	36.8	2.06	24.7	gris/collant
Isoard (J. de Bernardy – Longchamp)	500	5.2	4.2	3.1	63.1	< 100	1.82	44.1	marron, bouffées grises
Minimum				0.3	11.5	24	1.82	3.6	
Maximum				3.1	83.3	> 10000	2.62	44.1	
Moyenne				1.02	42.4	–	2.25	18.6	
Ecart type				0.82	24.2	–	0.24	9.2	

Tableau 1 : Caractéristiques générales des canalisations et résultats globaux sur les dépôts dans les canalisations du bassin versant 13 à Marseille

Lorsqu'on analyse les résultats obtenus, ce qui frappe tout d'abord, c'est la très grande variabilité de taille de particules solides à tel point que nous pouvons dire qu'il y a de "tout".

Cette hétérogénéité montre la présence d'une grande variété de situations particulières.

Les dépôts peuvent être dus à une diversité d'événements :

- blocages par des amas de papier, de déchets de travaux, de ciment qui a fait prise, de blocs de graisse, ...
- blocage par des singularités géométriques, détectables par les difficultés de progression de l'obus d'hydrocurage utilisé pour effectuer les prélèvements,
- consolidation de dépôts amorcés par sédimentation due au caractère intermittent des écoulements.

Pour le réseau de canalisations du bassin versant n° 13 de Marseille, on ne peut pas évoquer l'intrusion d'objets divers via les avaloirs, car ceux-ci sont quasi-exclusivement reliés à des collecteurs visitables ; les canalisations ne recevant que les eaux usées et les eaux de toiture (et sans doute les eaux de ruissellement des cours intérieurs).

La diversité des conditions de transport solide se manifeste dans les écarts constatés sur la taille des particules, le diamètre médian D50 variant, suivant les échantillons moyens de quelques dizaines de microns à plus de 10000 microns, le pourcentage des fines ($< 100 \mu\text{m}$) étant en moyenne de 42 % avec un écart type de 24 % , valeur traduisant une dispersion importante, quoique déjà très atténuée par rapport à celles des diamètres médians.

Aucune tendance particulière ne peut être dégagée pour un diamètre de canalisation donné, entre la surface drainée ou la pente du radier et la dimension des particules.

Par contre, on peut remarquer que le degré de ramification et le diamètre peuvent être mieux mis en relation avec la granulométrie :

- dans les canalisations de degré de ramification 1 tronçon de "tête", quelque soit le diamètre, le D50 est inférieur à $200 \mu\text{m}$,
- lorsque ces tronçons de tête ont des diamètres de 300 mm, D50 est comprise entre $100 \mu\text{m}$ et $200 \mu\text{m}$ et le pourcentage des fines ($< 100 \mu\text{m}$) est de l'ordre de 40 %, en masse, alors que si ces tronçons ont des diamètres de 400 mm ou 500 mm, ces pourcentages de fines passent à 70 % ou 80 % (pour des quantités de solides déposés beaucoup plus réduites, curieusement),
- lorsque les tronçons de diamètre 300 ou 400 mm sont déjà de degré de ramification 2 les diamètres médians sont supérieurs à $200 \mu\text{m}$ et souvent beaucoup plus grands,
- dans les canalisations de diamètre 500 mm, le pourcentage de fines, malgré les degrés de ramification élevés sont grands, de l'ordre de 60-70 % (pour des masses faibles de dépôts).

Le nombre limité d'échantillons doit nous inciter bien sûr à beaucoup de prudence, mais il y a là peut être l'amorce d'une possibilité de décodage de la très grande variabilité des dimensions de particules.

2.2. Dimensions des particules fines (< 100 μm)

Les données concernant spécifiquement les fractions d'échantillon comprenant les particules de taille inférieure à 100 μm figurent dans le tableau 2.

On peut distinguer immédiatement deux catégories d'échantillons :

- ceux pour lesquels le diamètre médian, D50, des fines se situe à 30 μm ,
- ceux pour lesquels il voisine 12 μm .

Chacune de ces catégories peut être clairement mise en relation avec la couleur de l'effluent : les échantillons pour lesquels une mesure de granulométrie de la fraction inférieure à 100 μm a été faite et qui donnent des valeurs plus faibles que 30 μm sont tous de couleur grise ou très grise.

Notons enfin que l'exposition des échantillons à des ultrasons ne fait qu'augmenter légèrement la granulométrie.

Endroit de prélèvement (rue)	Diamètre (mm)	Pente [%]	Degré de ramif.	Surface drainée [ha]	D50 [μm]	ρ_s moyen [g/cm^3]	MVS/MES [%]	Couleur/aspect
d'Isoard	300	1.15	1	0.3	12	2.54	7.5	gris/collant
des 3 mages	300	2.31	2.2	2	30	2.09	27.5	marron et noir
Sibié	300	3.63	2.1	0.5	30	1.99	37.1	–
du Coq	300	4.88	1	0.2	–	2.28	17.4	gris
de la Grande Armée	300	7.58	2.1	0.4	–	1.76	48.4	marron, bouffées grises
Impasse Cd Mages	400	0.2	1	1.2	13	2.44	13	très gris
Jean de Bernardy (-> L. Grobet)	400	1.19	2.1	0.6	–	1.93	36.1	marron, bouffées grises
Jean de Bernardy (-> Isoard)	400	4	2.1	0.7	30	1.94	36.9	marron + gris
Espérandieu (3 mages -> L. Grobet)	400	4.1	2.2	1	–	1.89	40	–
Espérandieu (C.Flammarion -> 3 mages)	400	5.12	1	0.6	–	2.04	31.3	marron, bouffées grises
Consolat	500	2.1	2.3	1.7	27	2.11	24.3	gris/collant
Isoard (J. de Bernardy - Longchamp)	500	5.2	2.3	3.1	–	1.68	52.7	marron, bouffées grises
Minimum					12	1.68	7.5	
Maximum					30	2.54	52.7	
Moyenne					24	2.06	31	
Ecart type					8	0.25	13.1	

Tableau 2 : Caractéristiques générales des canalisations et résultats sur les fines ($< 100 \mu\text{m}$) des dépôts dans les canalisations du bassin versant 13 à Marseille

3. MASSES VOLUMIQUES ET TENEURS EN MATIERES VOLATILES (OU EN MATIERES ORGANIQUES)

Les résultats des masses volumiques sont représentés sous forme des tableaux numériques dans l'annexe C 2.3

On peut voir sur le tableau 1 que la dispersion des valeurs des masses volumiques est relativement réduite : l'écart type, pour une valeur moyenne de 2.25 g/cm³, est de 0.24 g/cm³.

Les teneurs en matières volatiles, que nous assimilons aux teneurs en matières organiques, sont, elles, plus largement variables : pour une moyenne de 18.6 %, un écart type de 9.2 %.

Nous n'avons pas mis en évidence de relation entre chacun de ces deux paramètres et les caractéristiques des canalisations ou les surfaces drainées.

On voit par contre se dessiner une certaine décroissance de la masse volumique lorsqu'augmente la proportion de matières organiques (figure 2), ce qui est assez naturel, mais de façon assez vague : ce flou vient de l'hétérogénéité de la nature (et donc des masses volumiques propres) des matériaux composant les dépôts.

La figure 3 montre que cette relation est encore plus étroite pour les fines.

Nous pouvons mieux le quantifier en traçant les droites de régression de la forme :

$$\rho_s = a \cdot \text{MVS} + b, \text{ MVS étant exprimé en \%}$$

pour les échantillons globaux, nous obtenons :

$$\rho_s = - 0.0197 \cdot \text{MVS} + 2.68$$

avec un coefficient de corrélation R de 0.922

et pour les fines seules :

$$\rho_s = 0.0185 \cdot \text{MVS} + 2.63$$

avec un coefficient de corrélation R de 0.988

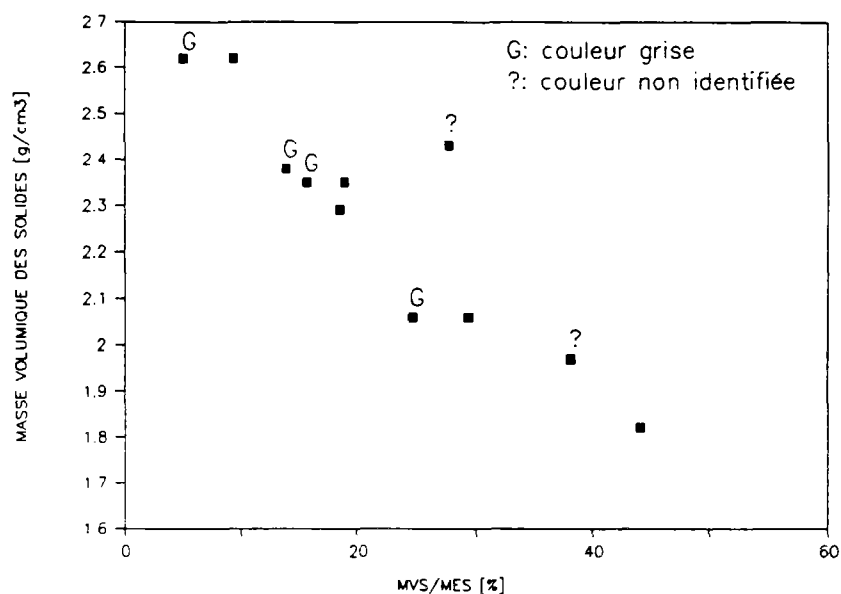


Figure 2 : Masse volumique et teneur en matières volatiles dans la totalité des échantillons de dépôt dans les canalisations du bassin versant 13 de Marseille

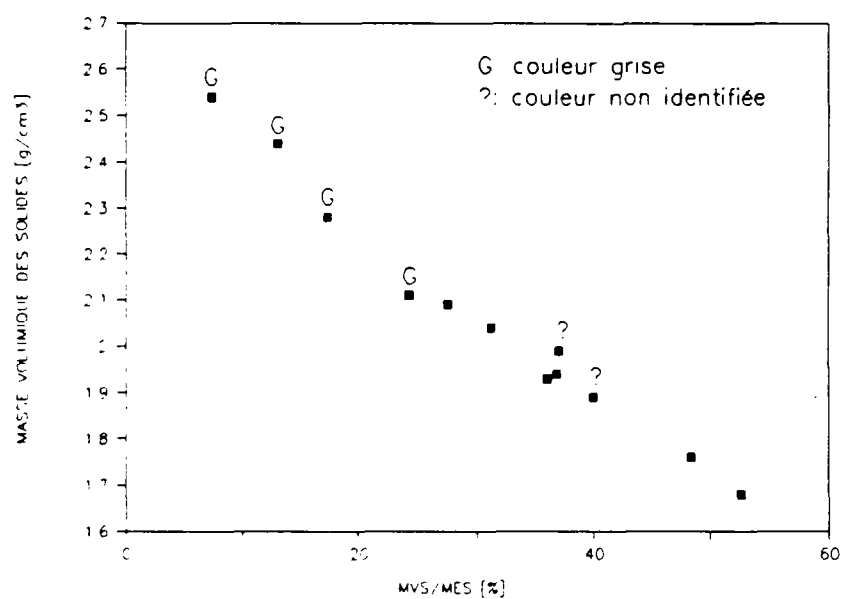


Figure 3 : Masse volumique et teneur en matières volatiles dans les fines (< 100 μm) du dépôt dans les canalisations du bassin versant 13 de Marseille

Pour essayer de donner une signification physique à cette relation, si on considère le matériau déposé comme un mélange de matières organiques de masse volumique ρ_{mo} fixée et de matières minérales de masse volumique ρ_{mm} fixée, nous pouvons écrire que volume total = volume de matières organiques + volume de matières minérales :

$$\frac{M}{\rho_s} = \frac{M \cdot MVS}{\rho_{mo}} + \frac{M \cdot (1 - MVS)}{\rho_{mm}}$$

avec M : masse totale de l'échantillon en g

ρ_s , ρ_{mo} , ρ_{mm} : masses volumiques respectivement du mélange, de la fraction organique et de la fraction minérale en g/cm³

MVS : teneur du mélange en matières organiques, en fraction (la masse organique est égale à $M \cdot MVS$)

Cette formule donne :

$$\frac{1}{\rho_s} = MVS \left(\frac{1}{\rho_{mo}} - \frac{1}{\rho_{mm}} \right) + \frac{1}{\rho_{mm}}$$

Si on obtient une nouvelle droite de régression de la forme $\frac{1}{\rho_s} = \alpha \cdot MVS + b$

ce qui correspond sur les figures 2 et 3 à un alignement sur une hyperbole et non plus sur une droite.

On peut donner aux coefficients a et b une signification physique correspondant à l'hypothèse du mélange de deux populations homogènes :

$$b = \frac{1}{\rho_{mm}} \quad , \quad \alpha = \frac{1}{\rho_{mo}} - \frac{1}{\rho_{mm}}$$

d'où

$$\rho_{mm} = \frac{1}{b} \quad \text{et} \quad \rho_{mo} = \frac{1}{\alpha + b}$$

Nous avons évalué ces valeurs pour les 4 populations de particules que nous avons distinguées jusqu'ici :

- tous les échantillons totaux
- les fractions fines de tous les échantillons
- les fractions fines des échantillons gris
- les fractions fines des échantillons non gris

Les résultats apparaissent sur le tableau 3.

Population	Effectif	a	b	R ²	ρ_{mo} [g/cm ³]	ρ_{mm} [g/cm ³]
Tous échantillons totaux	12	0.427	0.356	0.88	1.28	2.81
Fines de tous échantillons	12	0.431	0.359	0.986	1.27	2.79
Fines des échantillons gris	4	0.492	0.353	0.982	1.18	2.83
Fines des échantillons non gris	8	0.466	0.344	0.971	1.23	2.91

Tableau 3 : Coefficients des droites de régression de la forme $\frac{1}{\rho_i} = a \cdot MVS + b$ et valeurs hypothétiques correspondants de masses volumiques des fractions organique et minérale

Nous avons distingué, parmi les fines, celles qui proviennent des échantillons gris, car, comme on peut le voir sur la figure 3, celles-ci se différencient nettement par leur masse volumique plus forte et leur teneur organique plus faible, mais aussi, peut être par une pente différente pour les droites de régression.

Les résultats obtenus montrent que :

- les corrélations, bonnes pour les échantillons totaux s'améliorent encore nettement pour les fines,
- les valeurs trouvées de masse volumique des matières minérales et des matières organiques sont pratiquement les mêmes pour les échantillons totaux et pour les fines,
- la distinction entre échantillons gris et non gris semble ici perdre de sa pertinence, car elle conduit, pour les non gris (qui sont aussi les moins denses et les plus organiques) à la contribution de matières minérales dont les masses volumiques paraissent trop fortes,
- les valeurs de masses volumiques obtenues respectivement pour les matières organiques et pour les matières minérales paraissent raisonnables quoiqu'un peu fortes et se rapprochent des masses volumiques des particules véhiculées par temps sec et des solides composant les dépôts, très minéraux dans le collecteur 13.

4. VITESSE DE CHUTE (MARSEILLE, BASSIN VERSANT 13)

Les vitesses de chute sont mesurées pour les particules de tailles inférieures et supérieures à 50 μm . Les mesures sont réalisées sur 2 échantillons ceux qui ont été prélevées au niveau de la rue Isoard et rue Consolat car ils représentent des granulométries relativement extrêmes pour les particules de tailles inférieures à 100 μm .

Les résultats obtenus sont représentés sous forme de tableaux numériques et de courbes cumulées dans l'annexe C 2.2. Les valeurs de V10, V50 et V90 correspondantes sont données dans le tableau 4.

Classe granulométrique (μm)	Vitesse de chute		
	V10 en m/h	V50 en m/h	V90 en m/h
< 50 μm (nombre de mesures 2)	0.034–0.037 moy = 0.036	3.5–5.1 moy = 4.3	8.1–10.1 moy = 9.1
> 50 μm (nombre de mesures 1)	17.2	41.2	227

Tableau 4 : Vitesse de chute des particules de dépôt dans les canalisations amont du réseau du bassin versant 13

Pour les particules de tailles inférieures à 50 μm , les valeurs de vitesse de chute sont assez stables.

Les résultats correspondant aux solides de taille supérieure à 50 μm ne sont pas représentatifs de tous ce qu'on peut trouver dans les canalisations puisqu'ils correspondent à un échantillon assez fins relativement à la moyenne. Pour les échantillons plus grossiers, nous attendons des valeurs plus importantes.

ANNEXE A 4.3

CARACTERISATION DES SOLIDES DES DEPOTS DANS LE COLLECTEUR 13 A MARSEILLE

Dominique LAPLACE – Ghassan CHEBBO

1. GENERALITES

Cette annexe est consacrée à l'étude des caractéristiques des solides constituant les dépôts dans le collecteur 13 à Marseille.

Les détails concernant le site et les expérimentations menées sont donnés dans le chapitre 4 de la thèse .

Nous rappelons que dans le cadre de notre étude cinq campagnes de prélèvements ont été effectuées les jours 16, 62, 77, 330 et 517, respectivement 16ème, 62ème, ... après le curage du collecteur.

Les résultats obtenus sont représentés sous forme de tableaux numériques et de graphiques dans les annexes C2.1, C 2.2 et C 2.3.

2. GRANULOMETRIE

2.1. Présentation des résultats

Notons tout de suite qu'avant de procéder aux mesures, les objets divers (bouteilles, boîte de conserve, ferailles, plastiques, etc...) sont systématiquement retirés. Leur proportion se situe généralement entre 5 et 20 %.

Les 54 courbes cumulatives représentées s'inscrivent dans le fuseau donné dans la figure 1.

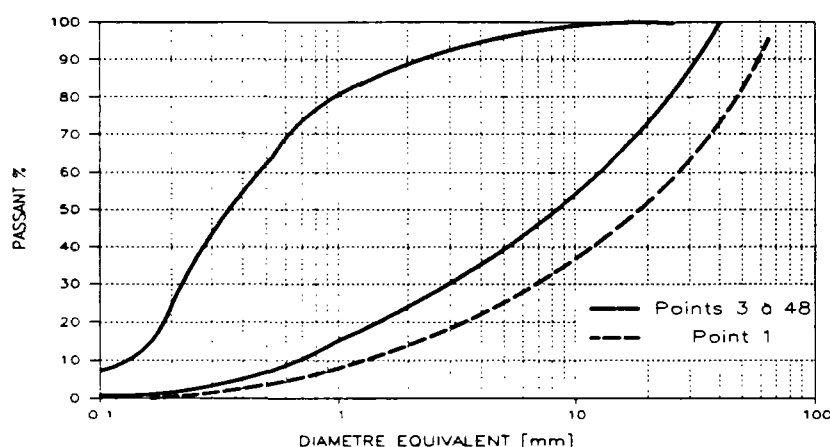


Figure 1 : Courbes enveloppes des distributions granulométriques cumulées pour les dépôts échantillonnés dans le collecteur 13 à Marseille

Les diamètres médians se situent entre 0.3 et 18 mm en incluant la granulométrie grossière obtenue au point 1. En excluant cette courbe, les D50 sont compris entre 0.3 et 8.4 mm. Les densités de distribution sont systématiquement unimodales.

Les courbes cumulatives présentent souvent un amorce de faciès sigmoïde, significative d'une certaine sélection. Les particules plus grossières sont arrêtées en amont et les particules relativement plus fines continuent d'être entraînées vers l'aval. Cette constatation révèle un tri de particules solides effectué par l'écoulement.

Les figures 2, 3 et 4 représentent respectivement les distributions spatio-temporelles des D10, D50 et D90 calculés le long du collecteur pour les cinq campagnes de prélèvement.

Ces valeurs sont également traduites en graphiques, figure 5 pour l'ensemble des mesures, excepté celle correspondant au point 1. Cette dernière se démarque par une granulométrie très grossière et son report déforme trop les échelles.

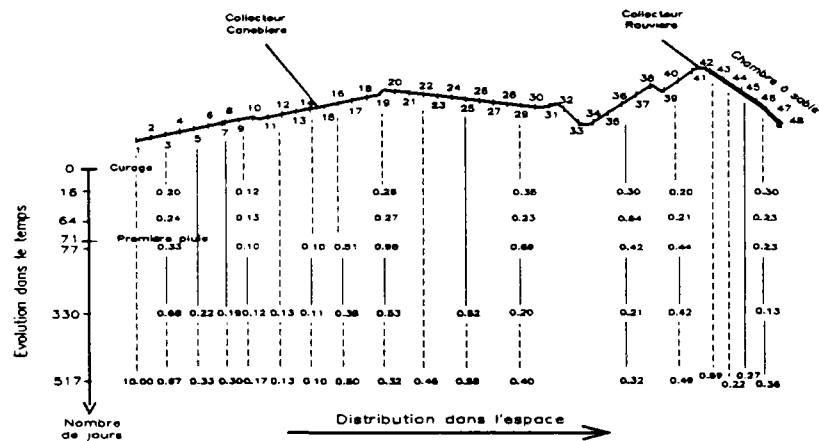


Figure 2 : Distribution des D₁₀ [mm] (dépôt du collecteur 13 à Marseille)

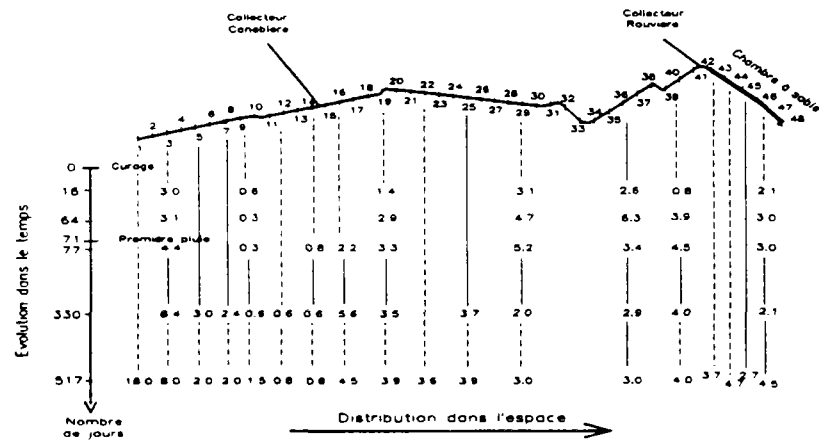


Figure 3 : Distribution des D₅₀ [mm] (dépôt du collecteur 13 à Marseille)

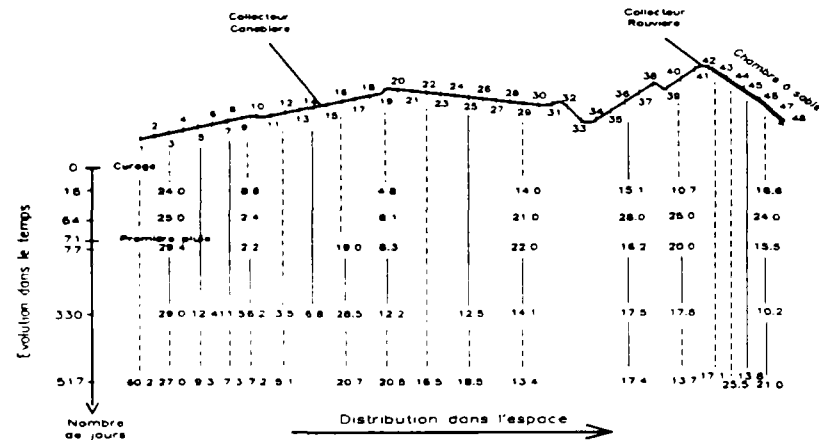
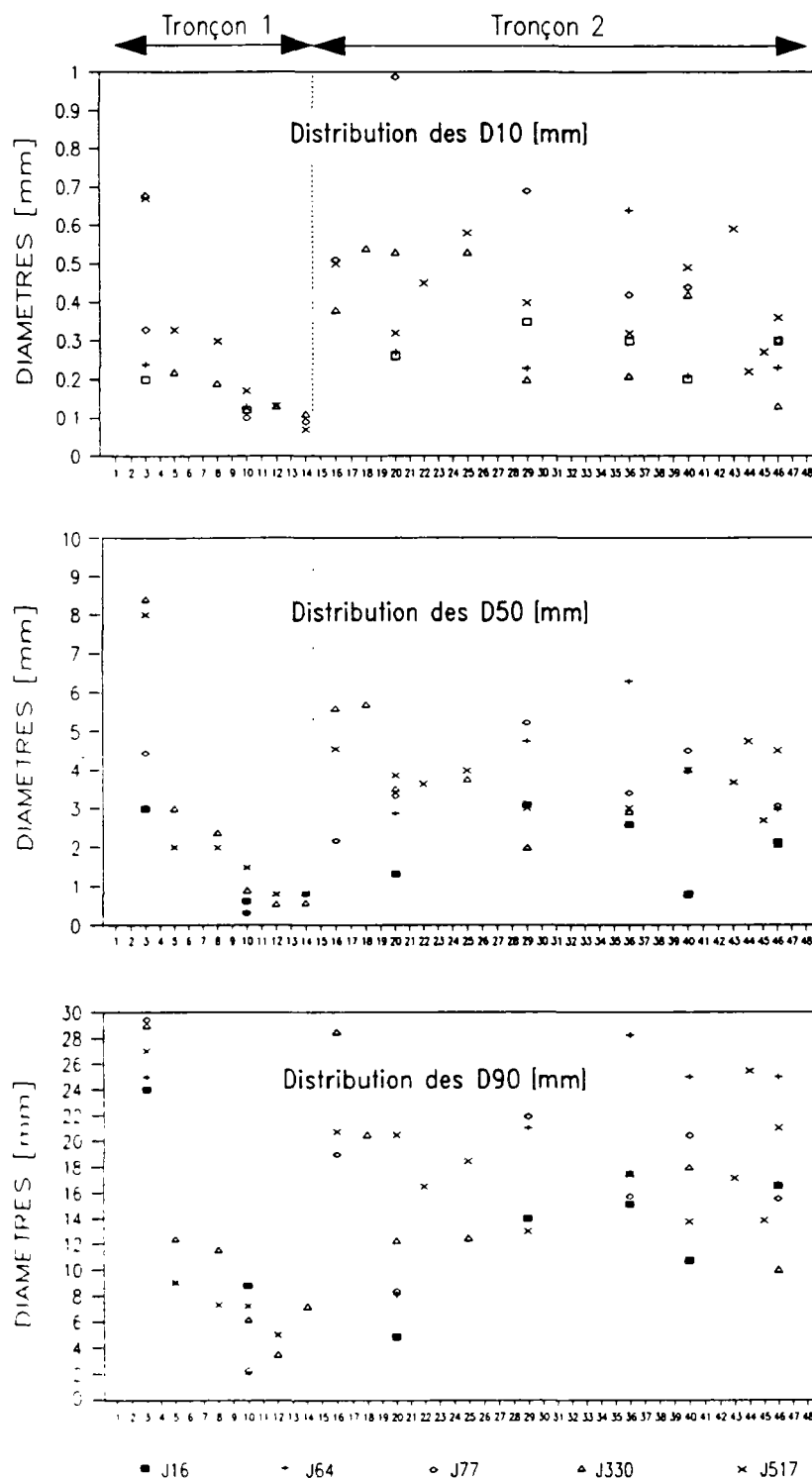


Figure 4 : Distribution des D₉₀ [mm] (dépôt du collecteur 13 à Marseille)

Figure 5 : Distribution des D₁₀, D₅₀ et D₉₀ [mm] (dépôt du collecteur 13 à Marseille)

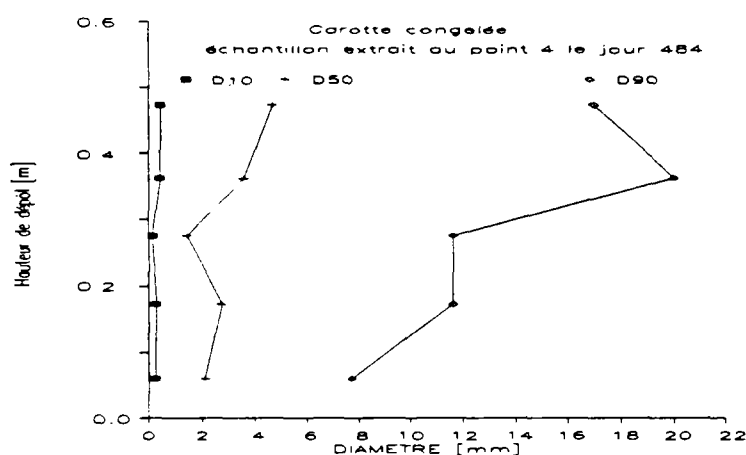
L'ensemble de ces valeurs révèle une forte décroissance des granulométries entre le point 3 et le point 14, où le D50 diminue respectivement de 8 mm à 0.8 mm pour le prélèvement du jour 517.

La granulométrie augmente après le point 15 (D50 = 5 mm) situé juste après la jonction avec le principal affluent du collecteur 13, le collecteur canebière, très pentu. Elle se stabilise plus à l'aval où les valeurs de D50 varient entre 3 et 4 mm.

Ces observations révèlent donc, à l'aval de chacun des deux apports principaux, un phénomène de tri granulométrique, particulièrement prononcé dans le premier tronçon.

Les granulométries mesurées aux mêmes points pour les cinq dates de prélèvements montrent que le diamètre des particules en dépôt présente une tendance à l'augmentation dans le temps. Cet effet s'observe entre les points 3 et 26.

Le prélèvement d'échantillons congelés qui conservent la structure du dépôt permet également d'observer ce phénomène. La figure 6 représente la variation verticale des D10, D50 et D90 calculés pour différentes tranches de hauteur d'après un échantillon congelé prélevé au point 4 le jour 454.



Estimateur	Statistique	Mode opératoire		
		Sans ultrasons	Avec ultrasons	Ultrasons + 5 min. de repos
D10 [μm]	Min.	3.6	1.7	2.8
	Moy.	6.2	2.8	4.4
	Max.	11.2	3.9	5.6
	Ecart type	3.00	0.8	1.1
D50 [μm]	Min.	19.6	14.3	17.9
	Moy.	25	24.4	25.3
	Max.	35.9	30.1	32.3
	Ecart type	6.4	6.2	6
D90 [μm]	Min.	64	57	46
	Moy.	80	66	62
	Max.	100	75	85
	Ecart type	13	8	14

Tableau 1 : D10, D50 et D90 des particules < 100 μm prélevées dans le collecteur 13 à Marseille (nombre de mesures : 4)

2.2. Analyse des résultats sur la granulométrie (Collecteur 13, Marseille)

Ces analyses granulométriques révèlent des diamètres de particules d'un ordre de grandeur millimétrique.

Le tri granulométrique observé d'amont vers l'aval après les points d'apport est un phénomène tout à fait classique du transport solide. Il est très prononcé dans le premier tronçon des points 1 à 14 ce qui est à mettre en relation avec le ralentissement de l'écoulement dans cette zone dû au contrôle hydraulique imposé par la jonction avec le collecteur Canebière (entre les points 14 et 15). Les diamètres des particules se répartissent d'amont vers l'aval en fonction de l'énergie disponible pour leur transport. Les points 10 à 14 sont les lieux où la vitesse est la plus faible et où l'écoulement semble le plus calme. Ils doivent correspondre à un état d'énergie minimum pour le transport solide qui conduit, à densité égale, à obtenir en dépôt les particules solides de plus petit diamètre.

La forte dynamique de remplissage du premier tronçon signalée par D. LAPLACE (1991) confirme ces observations. Les premiers points qui "encaissent" les apports brusques dus aux pluies présentent des granulométries grossières. Le dépôt dans les points plus à l'aval se constitue en fonction des diamètres des particules encore transportés à leur niveau, par temps sec comme par temps de pluie. Les granulométries y sont de plus en plus fines.

En aval de la jonction, les granulométries sont plus grossières. Leur tri n'est sensible que sur une faible distance après le point 16. Les diamètres obtenus ensuite sont relativement homogènes, présentant des D50 entre 3 et 4 mm.

Le contraste observé entre ces valeurs et celles obtenues à l'aval du premier tronçon semble indiquer deux populations différentes. Il est fort probable que les distributions granulométriques en provenance de l'amont du point 1 dont les D50 sont supérieures à 0.8 mm soient toutes arrêtées avant le point 14. Les dépôts dans le deuxième tronçon proviendraient donc de la fraction dont le D50 est inférieur à 0.8 mm issues du premier tronçon, et des granulométries apportées par le collecteur Canebière. Cette convergence d'écoulement augmentant la capacité de transport solide, seul le dépôt de distributions granulométriques dont le D50 est supérieur à 3 mm serait autorisé dans ce deuxième tronçon.

L'évolution dans le temps des granulométries montre que le diamètre des particules en dépôt présente globalement une tendance à l'augmentation pour les échantillons prélevés entre les points 3 et 25. Ce phénomène, qui peut traduire une augmentation de la capacité de transport solide de l'écoulement, serait d'après D. LAPLACE (1991) une conséquence directe de l'augmentation régulière de la pente des profils de dépôt. Au-delà, les granulométries variées trouvées aux points 36 et 40 peuvent s'expliquer par leur situation dans une zone où les dépôts sont instables et donc souvent renouvelés, ainsi que par la présence de petits apports intermédiaires.

Le dépôt du collecteur 13 ne contient qu'un pourcentage très faible (4 % en moyenne) de particules de dimensions inférieures à 100 μm . Les diamètres médians se situent entre 18 et 36 μm avec une valeur moyenne de 25 μm et un écart type de 6 μm . Le nombre limité ($n = 4$) des mesures granulométriques effectuées sur cette fraction, semble montrer une certaine homogénéité indépendamment de l'endroit de prélèvement. On peut noter aussi que le centrage de cette population de particules (dans la fraction inférieure à 100 μm) est voisin de celui des particules transportées en suspension par temps de pluie ou par temps sec.

2.3. Comparaison avec les données bibliographiques

Plusieurs études font état de mesures granulométriques effectuées sur des échantillons de dépôt prélevés dans des réseaux unitaires (tableau 2).

Références	Caractéristiques	Sites et remarques
[ARTIERES O., 1987]	D50 = 0.06–2 mm MVS/MES moy. = 10 %	– Nombre de prélèvements = 8 – Site : Entzheim – Réseau : 75 % dont $\varnothing < 400$ mm – Bouches : sélectives
[DDE–SSD, 1982]	D50 = 0.2–0.5 mm MVS/MES = 2–20 %	–
[DESSOY S., 1987]	D50 = 0.2 mm MVS/MES = 8 %	– Site : émissaire, réseau de Bruxelles
[VERBANCK M., 1989]	D50 = 0.2–0.5 mm MVS/MES ≤ 5 %	Site : 6 derniers kilomètres d'un émissaire, réseau de Bruxelles
	D50 = 0.8 mm	Site : moyenne de plusieurs prélèvements dans les égouts bruxellois
[WRC, 1986]	D50 = 0.2–3 mm MVS/MES = 5–6 %	– 20 échantillons – 4 agglomérations en Grande Bretagne
[ASHLEY R.M., COGLAN B.P., JEFFERIES C., 1989]	Dépôt relativement grossier, sableux, non cohésif, couvert d'une fine couche de particules organiques	– Réseau d'assainissement de Dundee (Ecosse)
[CIRIA, 1987]	D50 = 0.1–25 mm Moy. = 2.4 mm MVS/MES = 1 à 87 % Moy. = 18 %	– 49 échantillons – 11 agglomérations en Grande Bretagne
[MAKE, cité dans CIRIA, 1987]	80 % de dépôt ont D50=0.06–2 mm	– Site : Hambourg, RFA
[BROEKER H.W., cité dans CIRIA, 1987]	MVS/MES = 20 % $\rho_s = 2.45$ g/cm ³	
[URCIKAN, cité dans CIRIA, 1987]	Amont : D50 > 8 mm Aval : D50 = 0.34–2.94 mm	– Egouts unitaires de Bratislava en Tchécoslovaquie
[cité dans CIRIA, 1987]	D50 = 0.8–1.8 mm	– Mesures effectuées à Moscou
[SIAAP, 1989]	D50 = 1 – 6 mm MVS/MES = 1.3 – 3.4 %	– Collecteur Bièvre à Paris
	D50 = 0.5–6.5 mm MVS/MES = 5–11 %	– Echantillons divers dans le réseau parisien – Objets étrangers éliminés
[SANCHEZ Y., 1987]	D50 = 0.8–10 mm Objets divers : 10 %	– Etude bibliographique

Tableau 2 : Synthèse bibliographique sur les caractéristiques des dépôts dans des réseaux unitaires

Il est possible de dégager comme caractéristiques de ces dépôts une taille d'ordre de grandeur millimétrique. La grande variabilité de ces sites peut expliquer l'hétérogénéité des dépôts dont les caractéristiques doivent être fortement dépendantes :

- des habitudes de la population vis à vis de ses déchets
- de la granulométrie des matériaux constituant les surfaces urbaines, imperméabilisées ou non revêtues
- de la dégradation de la chaussée
- de la présence de chantiers
- des pratiques de lutte contre la neige et le verglas
- de l'importance du trafic routier
- des techniques de nettoyage des rues
- des pentes et imperméabilisation des bassins versants
- de la présence ou non d'avaloirs sélectifs, et éventuellement de leur efficacité ou de leur entretien.

De plus, les caractéristiques des dépôts doivent également varier suivant la situation du lieu de prélèvement par rapport à la hiérarchie d'un réseau. En effet, des conditions hydrauliques très différentes existent entre les canalisations à l'amont, les collecteurs puis les émissaires à l'aval.

Il conviendrait donc de classer ces valeurs granulométriques en fonction du contexte dont elles sont issues, mais le lieu d'extraction n'est pas souvent précisé, et les données de contexte, quand elles existent, sont très incomplètes.

Afin de pouvoir effectuer des identifications visuelles, CRABTREE R.W. (1989) a proposé une classification selon 4 types de dépôts basée sur une perception subjective de leur apparence ainsi que de leur localisation (figure 7). Cette classification a été établie sur la base d'échantillons prélevés à Dundee (Ecosse) et de nombreux autres sites en Grande Bretagne.

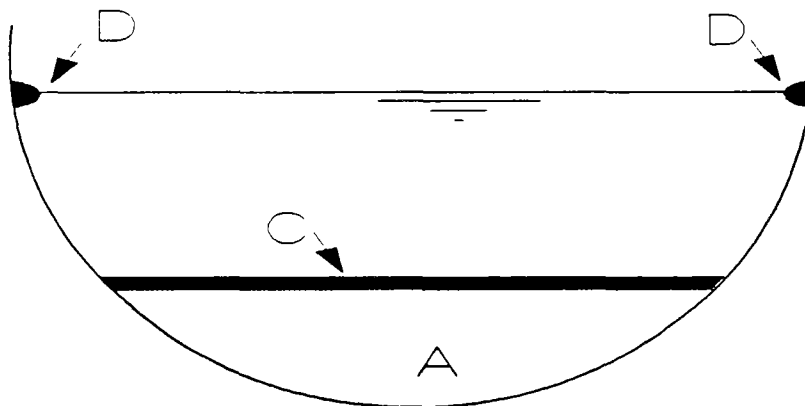


Figure 7 : Représentation de la classification Britannique des différents types de dépôts

Type A : Sédiment grossier sableux non cohésif

Type B : Idem A mais durci

Type C : Fine couche organique trouvée au dessus de A, très facilement remobilisable

Type D : "Slime" couche graisseuse trouvée dans la zone de battement de temps sec.

Les dépôts de collecteurs unitaires visitables s'assimileraient ici au type A.

3. MASSE VOLUMIQUE (MARSEILLE, COLLECTEUR 13)

Les masses volumiques ρ , sont mesurées par classes de taille des particules solides séchées à 105°, selon les seuils de coupure effectuées lors des analyses granulométriques. Chaque échantillon donne lieu à 13 valeurs. Ces mesures sont réalisées sur les échantillons prélevés aux points 3 et 10 pour les cinq campagnes de mesure, et sur l'ensemble des échantillons prélevés lors de la campagne du jour 517. Les résultats sont données en annexe .. et résumés dans le tableau 3.

Classe granulo. (μm)	Masses volumiques (g/cm^3), statistiques				Nb. De mesures
	ρ_{\min}	$\rho_{\text{moy.}}$	ρ_{\max}	Ecart type	
< 100	2.62	2.62	2.63	0.006	2
100–160	2.56	2.66	2.88	0.067	21
160–250	2.6	2.67	2.72	0.027	21
250–400	2.63	2.68	2.73	0.022	21
400–630	2.6	2.70	2.75	0.035	21
630–1000	2.44	2.70	2.79	0.076	21
1000–1600	2.16	2.69	2.81	0.14	21
1600–2500	2.17	2.72	3.06	0.16	21
2500–4000	1.96	2.70	3.07	0.20	21
4000–6300	1.64	2.69	3.51	0.34	21
6300–10000	1.49	2.72	4.49	0.54	21
10000–14000	1.57	2.80	6.02	0.81	21
14000–25000	1.35	2.66	4.5	0.59	21
> 25000	1.35	2.76	6.65	1.05	21
> 100	2.41	2.74	3.43	0.2	21
Moyenne	2.44	2.74	3.42	0.2	21

Tableau 3 : Masses volumiques des solides du dépôt du collecteur 13

La figure 8 représente la courbe des fréquences cumulées pour les 394 valeurs de masse volumique ainsi obtenues. Cette courbe fait apparaître une valeur centrale de 2.74 et des valeurs extrêmes de 1.35 et 6.02 g/cm³. 80 % des valeurs sont comprises entre 2.5 et 2.8 g/cm³.

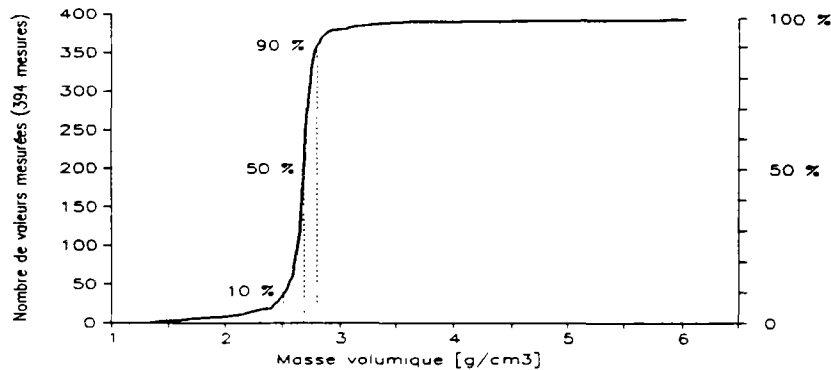


Figure 8 : Masses volumiques des solides en dépôt dans le collecteur 13

Ces masses volumiques sont caractéristiques des particules minérales les plus communément rencontrées et constitutives de la phase solide des sols. La masse volumique du quartz est de 2.65 g/cm³ et celle des calcaires organiques, fréquents dans le sol Marseillais et identifiable en grande proportion dans le dépôt varie de 2.55 à 2.88 g/cm³. Les quelques valeurs plus faibles ou plus fortes sont certainement influencées par des particules respectivement organiques ou métalliques.

Il n'a pas été trouvé de liaison significative entre la taille des particules en dépôt et leur masse volumique.

La figure 9 représente la répartition spatiale des masses volumiques moyennes mesurées sur les échantillons prélevés le jour 517. Les valeurs sont décroissantes à partir des deux points d'apport. Les masses volumiques les plus faibles sont trouvées pour les points 8 à 14, celles trouvées après le point 16 sont relativement homogènes et plus élevées. Ce phénomène n'est pas sans rappeler le tri granulométrique observé. Il conduit aux mêmes interprétations sur les fonctionnements différenciés des tronçons 1 et 2.

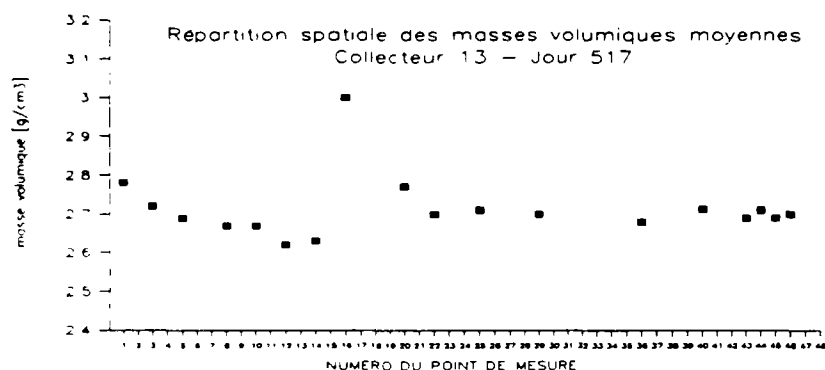


Figure 9 : Répartition spatiale des masses volumiques moyennes des particules en dépôt prélevées le jour

517

4. TENEUR EN MATIERES ORGANIQUES

Ces valeurs sont déterminées sur les échantillons de dépôt extraits par congélation. Cette technique imposant de se situer à proximité d'un regard, les prélèvements sont effectués au point 4, représentatif d'un dépôt plutôt grossier, et au point 10, représentatif d'un dépôt fin et mou.

La moyenne des résultats obtenus est présentée dans le tableau 4 en regard des granulométries et masses volumiques correspondantes. Ils sont du même ordre de grandeur des valeurs trouvées dans la bibliographie et qui sont présentées dans le tableau 2.

Echantillons congelés prélevés jours 450 et 454	Point 4		Point 10	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
D10 (μm)	0.32	0.11	0.11	0.03
D50 (μm)	2.91	1.13	0.54	2.50
D90 (μm)	13.60	4.30	4.10	1.30
Masse volumique des (g/cm^3)	2.66	0.03	2.58	0.20
Teneur en matières volatiles (%)	1.94	0.42	11.06	4.75

Tableau 4 : Valeurs moyennes de teneur en matières volatiles

Les mesures réalisées selon différentes tranches de hauteur pour chaque échantillon, ne font pas apparaître de liaisons entre la profondeur et la teneur en matières volatiles mesurées.

Par contre, on peut voir la teneur en matières volatiles décroître selon une loi de type exponentielle négative en fonction de l'augmentation du diamètre médian des solides comme en témoigne la figure 10 et établie avec les valeurs moyennes par tranche de carotte congelée.

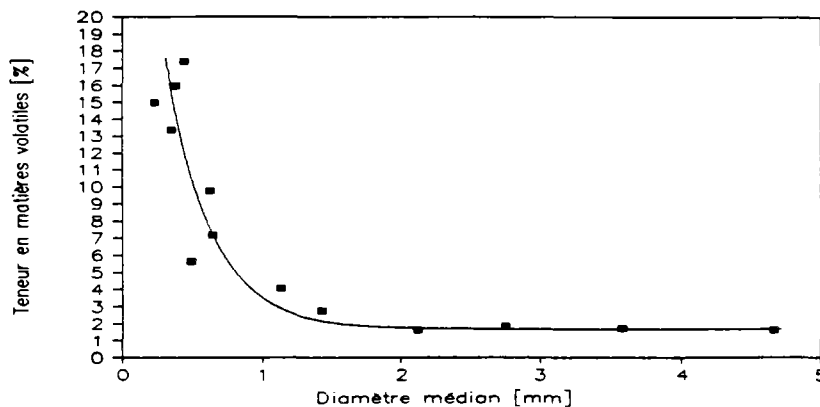


Figure 10 : Relation entre la teneur en matières volatiles du dépôt et sa granulométrie

Pour un D_{50} supérieur ou égal à 1.5 mm, la teneur en matières volatiles atteint une valeur asymptotique de 2 %. Pour des D_{50} inférieurs, plus le dépôt est fin, plus il devient organique. La valeur maximale mesurée reste inférieure à 18 %.

Ce phénomène est à mettre en relation avec les conditions de vitesse et de transport solide de l'écoulement correspondant à ces diamètres en dépôt. Les diamètres médians des particules minérales en dépôt qui sont supérieurs à 1.5 mm doivent correspondre à des conditions énergétiques qui n'autorisent pas l'arrêt des particules organiques de masse volumique plus faible. De plus, les conditions de vitesse d'écoulement doivent provoquer un "lessivage" du dépôt et des micro-organismes susceptibles de se développer dans ces dépôts grossiers.

Les particules fines sont trouvées dans les lieux d'écoulement où le dépôt des particules organiques peut se produire. Les conditions d'écoulement ne doivent pas entraver la prolifération de micro-organismes. De fait, ces dépôts fins ont une forte odeur nauséabonde, significative de phénomènes de fermentation.

D'autre part, les couples (ρ_s , MVS/MES) montrent que la masse volumique et la teneur en matières volatiles sont liées par une relation globalement décroissante.

La régression donnant :

$$\frac{1}{\rho_s} = 0.1314 \frac{MVS}{MES} \cdot 100 + 0.376$$

ne s'établit qu'avec un coefficient de corrélation dont la valeur est seulement de 0.40.

Ceci peut s'expliquer certes par la dominance d'assez faibles valeurs de MVS, et par les variations très limitées des masses volumiques. Dans ce type de situation, les incertitudes des mesures deviennent importantes devant les variations des paramètres à étudier. La relation établie ne peut pas traduire la composition du matériau analysé et par conséquent elle ne peut pas être utilisée pour extrapoler ou pour déduire une des mesures connaissant l'autre.

5. VITESSE DE CHUTE (MARSEILLE, COLLECTEUR 13)

Les vitesses de chute sont mesurées, après regroupement des particules solides séparées lors de l'analyse granulométrique en cinq classes de diamètres. Les mesures sont réalisées sur les échantillons prélevés au point 3 et au point 10 car ils représentent les granulométries extrêmes.

Les résultats sont donnés sous forme de tableaux numériques et de représentations graphiques cumulatives avec échelle logarithmique en abscisse dans l'annexe C 2.2

Le tableau 5 résume l'ensemble des résultats obtenus en terme de V_{10} , V_{50} et V_{90} .

Estimateur de vitesse de chute	Statistiques	Classes granulométriques (μm)				
		< 50	50–160	160–400	400–1600*	> 1600*
V10 (m/h)	Nb. De mesures	2	5	5	5	5
	Min.	0.37	24.8	57.22	44.97	119.28
	Max.	0.55	37.77	109.57	107.93	216.72
	Moy.	0.46	29.81	90.91	75.53	162.57
	Ecart type	0.09	4.45	17.96	25.80	32.05
V50 (m/h)	Nb. De mesures	2	5	5	5	5
	Min.	7.31	59.32	137.86	263.59	410.09
	Max.	7.52	76.95	184.52	405.28	1144.58
	Moy.	7.42	65.68	165.13	341.38	935.54
	Ecart type	0.105	6.08	15.17	60.11	272.98
V90 (m/h)	Nb. De mesures	2	5	5	5	5
	Min.	11.55	101.5	241.58	661.25	977.61
	Max.	11.74	128.06	279.31	825.14	4652.07
	Moy.	11.65	113.93	264.25	749.20	2227.79
	Ecart type	0.095	10.70	15.27	57.43	1258.29
N.B. : * : pour ces classes granulométriques les mesures ont été effectuées avec une éprouvette sur une cinquantaine de particules : V10 est assimilée à Vmin. mesurée V50 est assimilée à la moyenne des mesures effectuées V90 est assimilée à Vmax. mesurée						

Tableau n° 5 : Vitesses de chute (en m/h) des solides en dépôt dans le Collecteur 13

La faiblesse relative des valeurs des écarts type montre une assez bonne homogénéité des vitesses de chute par classe granulométrique sauf pour la classe > 1600 μm .

ANNEXE A 4.4

CARACTERISATION DES SOLIDES EN SUSPENSION DANS LES EAUX USEES URBAINES

1. GENERALITES

Cette annexe concentre les résultats concernant les caractéristiques des eaux écoulées par temps sec, à l'aval du collecteur 13 à Marseille.

Les détails concernant le site et les protocoles expérimentaux sont donnés dans le chapitre 4 de la thèse.

Nous rappelons, ici, que :

1. Les caractéristiques hydrauliques des eaux transférés par temps sec dans le collecteur 13 sont tirées du document [LAPLACE D., 1991].
2. Les mesures des paramètres physico-chimiques sont effectuées sur des échantillons prélevés au préleveur automatique le 15/2/1990, 28/2/1990 et 6/6/1990.
3. Les solides étudiés ont été récupérés dans des grands échantillons d'eau (600 litres) prélevés par une pompe immergée minivortex, le 15/2/1990 et le 6/6/1990.

Dans les paragraphes suivants, les différents résultats obtenus seront présentés, analysés et comparés avec les données bibliographiques.

2. CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES

A l'exutoire du Collecteur 13, le débit moyen journalier de temps sec est de $0.22 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dans la littérature [AFBSN, 1971 – COTTET J., 1980 – PHILIPPE J.P., RANCHET J., 1987], la valeur haute généralement adoptée pour caractériser le débit des eaux usées urbaines est de 200 l/hab/jour , soit pour le collecteur 13 (population = 30000 habitants et assez peu d'industries) 70 l/s . Ceci correspond à la présence dans le site étudié d'un débit assez important d'eaux parasites "propres" : eau de source, de fontaines, de bassins de jardin public et de surverse d'un réservoir d'eau potable, équivalente à 150 l/s . La nature de ces eaux et leur très faible teneur en MES ne devraient pas interférer sur la nature et les caractéristiques des particules solides qui trouvent leur source dans les eaux usées par temps sec.

3. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX USEES URBAINES

Nous donnons dans le tableau 1 un ordre de grandeur des valeurs moyennes et de la dispersion des concentrations en différents paramètres physico-chimiques mesurés sur les eaux transités par temps sec à l'aval du collecteur 13 à Marseille.

Statistiques	Paramètres de pollution (concentrations)					
	MES	DCO	DBO ₅	NTK	Pb	Hydro. Totaux
n	3	2	1	2	2	2
C _{min}	71	325	–	11.8	0.039	< 0.1
C _{moy}	112	400	140	27.5	0.059	< 0.88
C _{max}	155	475	–	43.1	0.078	1.65

Tableau 1 : Pollution des eaux transitées par temps sec à l'aval du collecteur 13

Chacun de ces résultats constitue une valeur moyenne calculée à partir d'un nombre important de prélèvements (144 prélèvements) et de mesures (24 mesures) répartis sur une journée.

Avec le débit relativement important des eaux parasites propres dans le collecteur 13, les valeurs du tableau 1 ne peuvent pas être représentatives des caractéristiques des eaux usées urbaines pour lesquelles les chiffres les plus souvent adoptés sont les suivants [AFBSN, 1971 – COTTET J., 1980 – PHILIPPE J.P., RANCHET J., 1987] :

- MES : 300–400 mg/l
- DCO : 600 mg/l
- NTK : 60 mg/l
- Plomb : 0.005 mg/l
- Zinc : 0.3 mg/l
- Cuivre : 0.1 mg/l
- Chrome : 0.06 mg/l
- Mercure : 0.0005 mg/l
- Cadmium : 0.002 mg/l
- Phosphates totaux : 15 mg/l

4. GRANULOMETRIE

4.1. Présentation et analyse des résultats (Marseille, Collecteur 13)

Les résultats des analyses granulométriques sont présentés en annexe C 2.1

Les courbes de répartitions cumulatives apparaissent dans la figure 1. Les indices granulométriques correspondants sont représentés dans le tableau 2.

Les caractéristiques de la fraction des particules de dimensions inférieures à $100\ \mu\text{m}$ sont données dans le tableau 3.

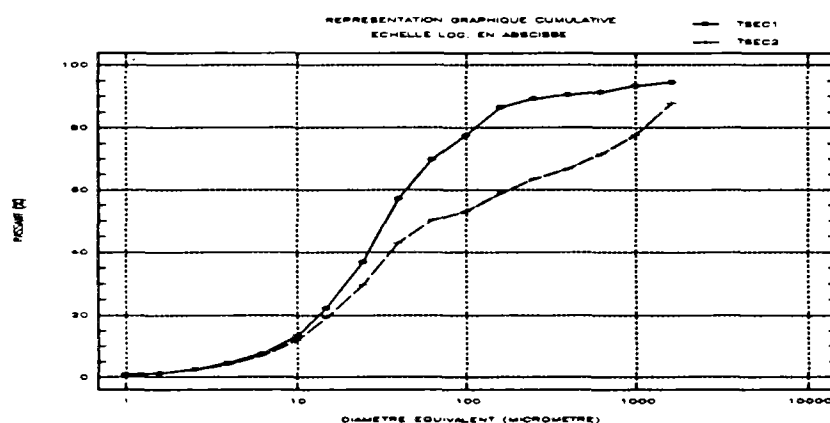


Figure 1 : courbes granulométriques cumulatives correspondant aux solides en suspension dans les eaux de temps sec du collecteur 13 à Marseille

Il semble apparaître que :

1. les solides en suspension dans les eaux usées urbaines sont en majorité fins,
2. les indices granulométriques varient d'une façon non négligeable entre les deux prélèvements effectués,
3. les particules de dimensions inférieures à $100\ \mu\text{m}$ présentent des caractéristiques stables indépendamment du prélèvement concerné,
4. l'utilisation des ultrasons fait diminuer beaucoup les valeurs de D_{10} , alors que les indicateurs D_{50} et D_{90} restent pratiquement inchangés,
5. en refaisant la mesure cinq minutes après la fin de l'exposition de l'échantillon aux ultrasons, nous remarquons une augmentation des valeurs de D_{10} et D_{50} . Ceci est dû à un phénomène de réagglomération des particules. Notons que D_{10} reste inférieur à sa valeur sans ultrasons.

Date de prélèvement	Mode opératoire	Indices granulométriques			
		%<100 μm	D10 (μm)	D50 (μm)	D90 (μm)
18/02/1989	Sans ultrasons	77.5	7.9	34.7	351
	Avec ultrasons	75	2.9	36.8	351
06/06/1990	Sans ultrasons	53	8.5	62.64	1733
	Avec ultrasons	52	4.2	89.3	1733
Moyenne	Sans ultrasons	65	8.2	48.67	1042
	Avec ultrasons	63	3.6	63.05	1042

Tableau 2 : Caractéristiques granulométriques des solides transités par temps sec à l'aval du collecteur 13

Date de prélèvement	Mode opératoire	Indices granulométriques		
		D10 (μm)	D50 (μm)	D90 (μm)
18/02/1989	Sans ultrasons	7.1	29.2	102
	Avec ultrasons	2.6	29.5	112
	Ultrasons + 5 min. de repos	3.6	34.5	109
06/06/1990	Sans ultrasons	5.3	23.6	71
	Avec ultrasons	2.3	24.9	98
	Ultrasons + 5 min. de repos	4.0	63.1	102
Moyenne	Sans ultrasons	6.2	26.4	87
	Avec ultrasons	2.4	27.2	105
	Ultrasons + 5 min repos	3.8	35.3	105

Tableau 3 : Caractéristiques granulométriques des solides de dimensions inférieures à 100 μm et transités par temps sec à l'aval du collecteur 13

4.2. Comparaison avec les données bibliographiques

Le tableau 4 présente une synthèse bibliographique de la granulométrie des matières en suspension dans les eaux usées urbaines.

Référence	Caractéristiques granulométriques	Sites, méthodes et remarques
[1*]	<p>Nombre de mesures = 9 $\% < 100 \mu\text{m} = 67.3-85.3 \%$, Moy.=72.5, écart type=5.4; $D_{10} = 1.9-2.4 \mu\text{m}$, Moy.=2.1 μm, écart type=0.16; $D_{50} = 20-35.6 \mu\text{m}$, Moy.=29.9 μm, écart type=5.4; $D_{90} = 350-929 \mu\text{m}$, Moy.=474 μm, écart type=168</p>	<p>- Site : émissaire, réseau de Bruxelles, Belgique - Méthode de prélèvement : préleveur automatique ou dispositif à vide - Méthode de mesure : $> 200 \mu\text{m}$: tamisage $< 200 \mu\text{m}$: pipette - Hypothèse : $\rho_s = 1.1 \text{ g/cm}^3$</p>
[2*]	<p>Site (1) : $\% < 100 \mu\text{m} = 75.8 \%$ $\% < 50 \mu\text{m} = 69.1 \%$</p> <p>Site (2) : $\% < 100 \mu\text{m} = 66.3 \%$ $\% < 50 \mu\text{m} = 62 \%$ $D_{10} = 4.6 \mu\text{m}$ $D_{50} = 31.2 \mu\text{m}$ $D_{90} = 1254 \mu\text{m}$</p>	<p>- Sites : (1) : Collecteur Uccle (2) : Collecteur Neerpede - Méthode de prélèvement : préleveur automatique - Méthode de mesure : $> 45 \mu\text{m}$: tamisage $< 45 \mu\text{m}$: pipette - Hypothèses : $\rho_s = 2.65 \text{ g/cm}^3$</p>
[3*]	<p>45 % des particules $> 100 \mu\text{m}$ 35 % des particules $1-100 \mu\text{m}$ 20 % des particules $0.2-1 \mu\text{m}$</p>	<p>- Méthode de mesure : . évaluation $> 100 \mu\text{m}$: sédimentation pendant 1 heure dans un tube de hauteur $> 20 \text{ cm}$. évaluation $1-100 \mu\text{m}$: centrifugation . évaluation $< 1 \mu\text{m}$: filtration haute pression</p>
[4*]	87 % des particules $< 149 \mu\text{m}$	- Méthode de mesure : tamisage
<p>Références :</p> <p>[1*] : [DESSOY S., 1987] [2*] : [VERBANCK M. et al., 1988a] [3*] : [DALRYMPLE R.J., HODD S.L., MORIN D.C., 1975] [4*] : [Meridian Engineers of Philadelphia, cité dans [3*]]</p>		

Tableau 4 : Synthèse bibliographique concernant la granulométrie des solides en suspension dans les eaux de temps sec

Les remarques suivantes pourront être faites :

1. les pourcentages massiques des solides de dimensions inférieures à $100\ \mu\text{m}$ concordent bien avec nos résultats. Ils varient entre 55 % (plutôt 67 %) et 85 %. Les MES des eaux usées urbaines sont donc en majorité fines,

2. le mode opératoire adopté par DESOY S. (1987) suggère les éclaircissements suivants :

- la granulométrie des particules de dimensions inférieures à $200\ \mu\text{m}$ est déduite de mesures de vitesse de chute en utilisant la formule de Stokes et en adoptant la valeur de $1.1\ \text{g/cm}^3$ pour la masse volumique de ces solides.

D'une part, la valeur adoptée pour la masse volumique nous paraît faible (voir paragraphe suivant).

D'autre part, la formule de Stokes, utilisée pour passer de la vitesse de chute à la granulométrie, ne peut pas tenir compte d'un éventuel changement des dimensions des particules en cours de sédimentation du fait des phénomènes d'agglomération. De plus, elle suppose que les particules sont sphériques.

- pour éviter la floculation des particules, DESOY S. (1987) a utilisé un dispersant. Ceci modifié, l'état de l'interface solide liquide et peut donc influencer notablement les vitesses de sédimentation des particules

A la base de ces remarques, nous ne pouvons manipuler qu'avec prudence ces résultats, même s'ils aboutissent aux mêmes ordres de grandeur que les nôtres.

3. le mode opératoire adopté par VERBANCK M. et al. (1988a) présente des similitudes avec celui de DESOY S. (1987) mais :

- la masse volumique adoptée est de $2.65\ \text{g/cm}^3$
- le tamisage est utilisé au dessus de $45\ \mu\text{m}$, la mesure de vitesse de chute concerne seulement les particules de dimensions inférieures à $45\ \mu\text{m}$

La valeur adoptée pour la masse volumique est très forte mais elle peut compenser le biais que peut causer une éventuelle floculation des particules au moment de la sédimentation.

Les autres remarques déjà signalés lors de la discussion des résultats de DESOY S. (1987) restent valables.

4. DARLYMPLE R.J., HODD S.L. et MORIN D.C. (1975) classifient les particules comme suit :

- particules $> 100\ \mu\text{m}$: ce sont toutes celles qui sédimentent pendant 1 heure dans une éprouvette de hauteur supérieure à 20 cm
- particules $1-100\ \mu\text{m}$: ce sont les particules qu'on récupère après centrifugation du surnageant récupéré dans l'étape précédente
- particules $< 1\ \mu\text{m}$: ce sont les solides récupérés après filtration sous haute pression du liquide centrifugé

Ces critères ne sont pas tout à fait pertinents car un petit pourcentage de particules supérieures à $100\ \mu\text{m}$ décante lentement et parce qu'on verra (paragraphe ...) qu'un pourcentage non négligeable des particules de dimensions entre 1 et $100\ \mu\text{m}$ peut parcourir une distance équivalente à 20 cm en 1 heure.

Le pourcentage des solides de tailles supérieures à $100\ \mu\text{m}$ est donc très probablement plus faible que 45 % dans les échantillons étudiés par DARLYMPLE R.J., HODD S.L. et MORIN D.C. (1975).

5. MASSE VOLUMIQUE ET TENEUR ORGANIQUE DES MATIERES EN SUSPENSION DES EAUX USEES URBAINES

5.1. Masse volumique (Collecteur 13, Marseille)

Le tableau 5 résume les valeurs des masses volumiques obtenues sur les solides transférés en suspension par temps sec à l'aval du collecteur 13.

Date de prélèvement	Classes granulométriques (μm)		
	< 100 μm	> 100 μm	Totalité
18/02/1989	1.56	1.37	1.51
06/06/1990	1.56	1.56	1.56
Moyenne	1.56	1.47	1.54

Tableau 5 : masses volumiques des matières en suspension des eaux usées urbaines dans le collecteur 13 à Marseille

Ces résultats montrent des valeurs de masses volumiques assez faibles et assez stables entre les deux campagnes de prélèvements effectuées.

Il semble apparaître, pour les échantillons prélevés le 18/02/1989, une légère décroissance des masses volumiques avec l'augmentation de la taille des particules.

5.2. Teneur organique des matières en suspension des eaux usées urbaines

Les résultats obtenus figurent dans le tableau 6. Ils montrent que la majorité (environ 80 % de la masse) des particules transférées par temps sec est organique. Ce résultat concorde parfaitement avec les valeurs citées dans la littérature (tableau 7).

Date de prélèvement	MVS/MES (%)
15-16/02/1989	76
06/06/1990	81

Tableau 6 : Teneur en matières organiques des MES des eaux usées urbaines dans le collecteur 13 à Marseille

Références	MVS/MES (%)	Sites et remarques
[1*]	MVS/MES = 69-77 % moy. = 73 %	- Site : émissaire, réseau de Bruxelles, Belgique
[2*]	MVS/MES = 82 %	- Site : collecteur Neerpedebeek, Bruxelles, Belgique
[3*]	MVS/MES = 70-85 %	- Synthèse bibliographique
Références : [1*] : [DESSOY S., 1987] [2*] : [Secrétariat d'Etat pour la Région Bruxelloise, 1988] [3*] : [DALRYMPLE R.J., HODD S.L., MORIN D.C., 1975]		

Tableau 7 : Quelques valeurs citées dans la littérature, concernant la teneur organique des matières en suspension des eaux usées urbaines

6. VITESSE DE CHUTE

6.1. Présentation et discussion des résultats (Marseille, Collecteur 13)

L'ensemble des résultats obtenus est représenté en Annexe C 2.2

Les vitesses de chute sont caractérisées par leurs courbes cumulatives (figures 2 et 3) et par leurs déciles V10, V50 et V90 (tableau 8).

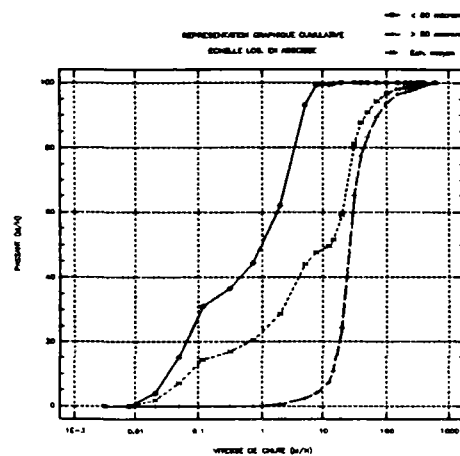
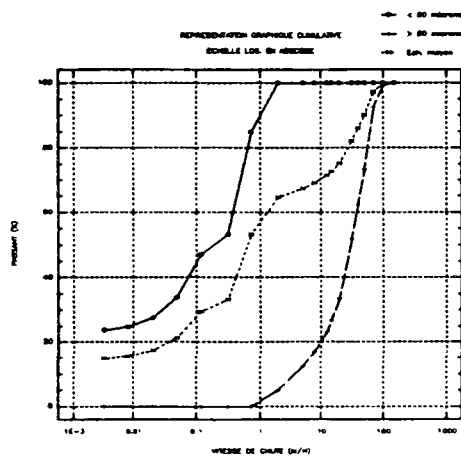


Figure 2 : Répartitions graphiques cumulatives des vitesses de chute des MES dans les eaux du temps sec du collecteur 13 à Marseille
(Prélèvement du 18/2/1989)

Figure 3 : Répartitions graphiques cumulatives des vitesses de chute des MES dans les eaux du temps sec du collecteur 13 à Marseille
(Prélèvement du 6/6/1990)

Date de prélèvement	Classe granulométrique	% massique dans la classe	V10 (m/h)	V50 (m/h)	V90 (m/h)
18/02/1989	< 50 μm	63	≈0	0.22	0.77
	> 50 μm	37	4	30.4	67
	Totalité	100	≈0	0.64	50
06/06/1990	< 50 μm	46	0.037	1.2	4.1
	> 50 μm	54	14.5	27.2	74
	Totalité	100	0.081	13	47.

Tableau 8 : Vitesse de chute des matières en suspension dans les eaux usées urbaines du collecteur 13 à Marseille

Ces résultats montrent une grande variabilité entre les deux campagnes de mesure, surtout pour les particules de dimensions inférieures à 50 μm.

Les répartitions granulométriques et les masses volumiques des solides de tailles inférieures à $50 \mu\text{m}$ ne varient pas beaucoup pour les deux prélèvements effectués. Elles ne peuvent pas par conséquent expliquer les différences trouvées. Cette variabilité dans les résultats ne peut pas être due non plus à une erreur de mesure puisque nous avons doublé les mesures et que les résultats n'ont pas beaucoup changé.

6.2. Comparaison avec les données bibliographiques

Le tableau 9 montre les résultats que nous avons trouvé lors de notre recherche bibliographique.

Nous remarquons :

1. par comparaison avec nos résultats, nous retrouvons, en gros, les mêmes ordres de grandeur,
2. les valeurs trouvées par DESOY S. (1987) sont généralement assez faibles. Cela peut être dû à l'utilisation d'un dispersant lors de la préparation des échantillons.

Références	Vitesse de chute	Sites, méthodes et remarques
[1*]	Nombre de mesures = 9; $V_{10} = 0.99.10^{-3} - 1.18.10^{-3} \text{ m/h}$, moy. = 1.110^{-3} , écart type = 0.000064; $V_{50} = 0.045 - 0.19 \text{ m/h}$, moy. = 0.096 m/h, écart type = 0.043 m/h; $V_{90} = 0.44 - 5.25 \text{ m/h}$, moy. = 4.022 m/h, écart type = 1.41;	- Site : émissaire, réseau de Bruxelles, Belgique - Méthode de prélèvement : préleveur automatique ou dispositif à vide - Classe granulométrique : $< 200 \mu\text{m}$ - Méthode de mesure : pipette - Préparation de l'échantillon : utilisation d'un dispersant
[2*]	Nombre de mesure = 1; $V_{10} = 0.0038 \text{ m/h}$; $V_{50} = 0.65 \text{ m/h}$; $V_{90} = -$	- Site : collecteur de Neerpedebeek - Classe granulométrique : $< 45 \mu\text{m}$ - Méthode de mesure : pipette - Préparation de l'échantillon : utilisation d'un dispersant
[3*]	$V_{10} = -$ $V_{50} = 1.9 \text{ m/h}$; $V_{90} = 9.4 \text{ m/h}$;	- Méthode de mesure : colonne de sédimentation
Références : [1*] : [DESOY S., 1987] [2*] : [Secrétariat d'Etat pour la Région Bruxelloise, 1988] [3*] : [DALRYMPLE RJ, HODD S.L., MORIN D.C, 1975]		

Tableau 9 : Synthèse bibliographique concernant la vitesse de chute des solides en suspension dans les eaux de temps sec

ANNEXE A 4.5

CARACTERISATION DES SOLIDES EN SUSPENSION, PAR TEMPS DE PLUIE, A L'AVAL DE DEUX PETITS BASSINS VERSANTS UNITAIRES MARLY ET TRIANON A BORDEAUX

1. GENERALITES

Cette annexe présente et analyse les résultats de caractérisation des solides transférés en suspension, par temps de pluie, à l'aval de deux petits bassins unitaires Marly et Trianon à Bordeaux.

Une campagne de prélèvement a été effectuée au cours de la pluie du 16/8/1989.

Pour plus de détails concernant le site et les protocoles expérimentaux adoptés, nous renvoyons le lecteur au chapitre 4 de la thèse.

Les résultats granulométriques et de vitesse de chute sont représentés sous forme de tableaux numériques et de graphiques dans les annexes C 2.1 et C 2.2.

2. GRANULOMETRIE (MARLY ET TRIANON, BORDEAUX)

Les prélèvements à différents moments de la crue nous ont permis d'étudier la variabilité des caractéristiques granulométriques des solides transférés (en suspension) durant un événement pluvial.

Pour Marly, nous avons disposé de 5 échantillons. Pour Trianon, 4 échantillons ont été disponibles ; le premier prélèvement qui correspond à la tranche [14h33–14h42] de la crue n'a pas été réalisé.

Chaque échantillon correspond à plusieurs prélèvements effectués dans une tranche horaire donnée. L'heure de début de prélèvement dans la tranche sert de repérage pour l'échantillon correspondant.

Les résultats des différentes analyses granulométriques sont résumés dans les figures 1 à 5 et les tableaux 1 à 4.

Concernant ces résultats, les remarques suivantes peuvent être formulées :

1. la granulométrie est relativement grossière au début de la crue. Elle diminue pour devenir plus fine pendant la décrue. Elle augmente, de nouveau, à la fin de la crue, en redevenant beaucoup plus grossière qu'au début.

Cette tendance se confirme, pour le même événement pluvial du 16/08/1989, sur les deux sites Trianon et Marly. Reste à la confirmer pour d'autres événements pluviaux.

2. pour mieux interpréter l'effet des ultrasons, nous avons effectué des analyses granulométriques, sur les particules de dimensions inférieures à $100\ \mu\text{m}$, suivant trois modes opératoires :

- mode opératoire n°1 :

- . agitateur en marche

- . sans ultrasons

- mode opératoire n°2 :

- . agitateur en marche

- . durée croissante d'ultrasons jusqu'à stabilisation de la courbe granulométrique

- mode opératoire n°3 : mode opératoire n°2, mais en faisant la mesure, cinq minutes après la fin de l'exposition de l'échantillon aux ultrasons.

Les résultats obtenus (tableaux 2 et 4) mettent en évidence que les particules fines ($< 100\ \mu\text{m}$) ont, sans doute, tendance à s'agglomérer. En effet, l'utilisation des ultrasons (mode opératoire n°1) a réduit le diamètre médian D_{50} de moitié. Un repos (sans ultrasons) de 5 min (mode opératoire n°3) a suffi pour que D_{50} revienne à sa valeur initiale (mode opératoire n°1). Ce retour rapide de D_{50} à sa valeur initiale semble montrer que les ultrasons ne cassent pas les particules mais qu'ils favorisent leur désagglomération.

3. à partir des résultats des mesures sur différents échantillons, un échantillon moyen pondéré a pu être reconstitué. Les résultats obtenus montrent qu'il y a une prédominance des fines (pour Marly : % massique $< 100\ \mu\text{m} = 63\text{--}67\%$, $D_{50} = 23\text{--}47\ \mu\text{m}$; Pour Trianon : % massique $< 100\ \mu\text{m} = 73\text{--}77\%$, $D_{50} = 21\text{--}41\ \mu\text{m}$

A première vue, il semble apparaître que les solides transférés à l'exutoire de Trianon sont un peu plus fins que ceux de Marly. Ceci est dû au fait que, à Trianon, aucun prélèvement n'a été effectué durant la première tranche de l'hydrogramme. En tenant compte de cette remarque, les résultats des mesures granulométriques sur les deux petits bassins versants expérimentaux sont assez homogènes.

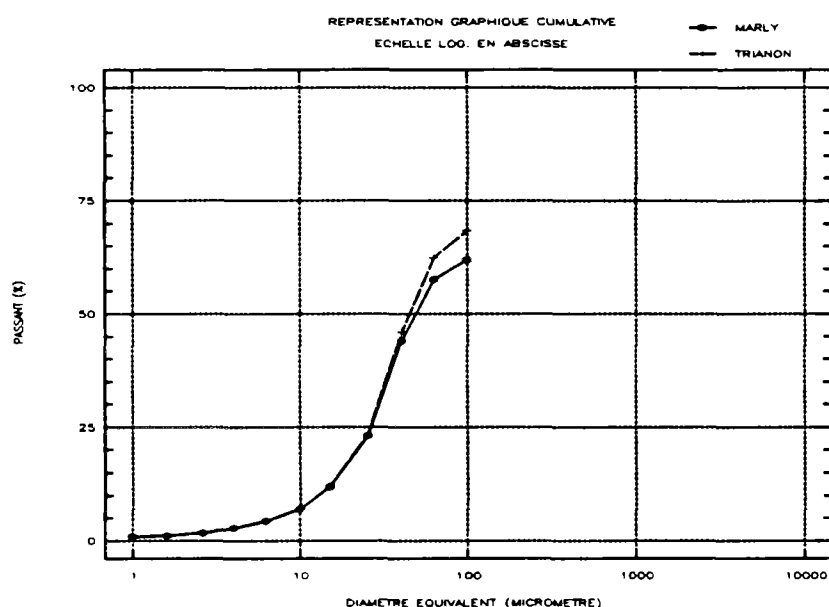


Figure 1 : Courbes granulométriques cumulatives correspondant aux solides prélevés en suspension, par temps de pluie, à l'aval des deux petits bassins versants unitaires Marly et Trianon à Bordeaux

FIG 2 :
 CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DES SOLIDES PRELEVES
 A DIFFERENTS MOMENTS DE LA PLUIE (Sans ultrasons)
 BASSIN : TRIANON DATE : 16.08.89

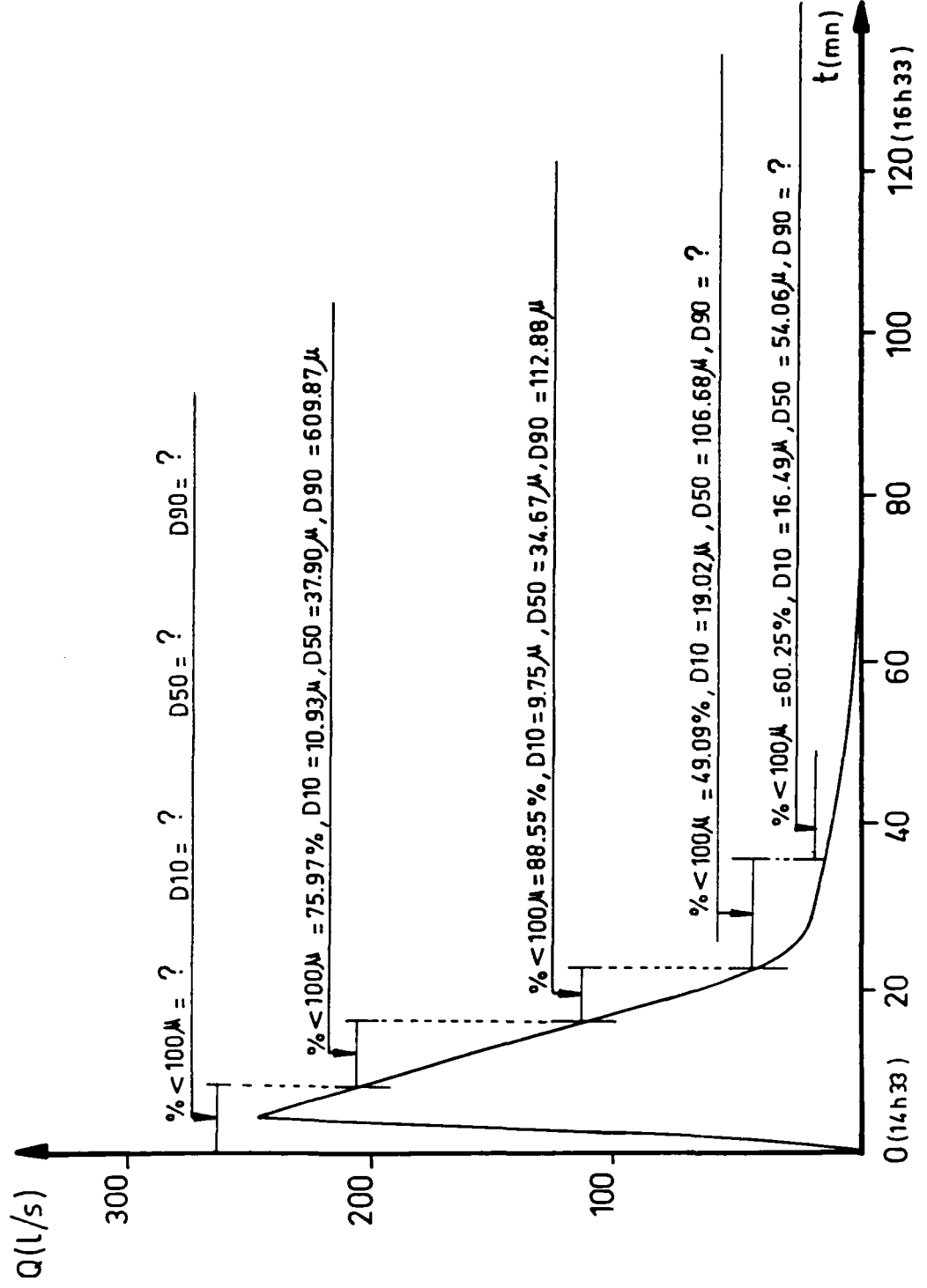
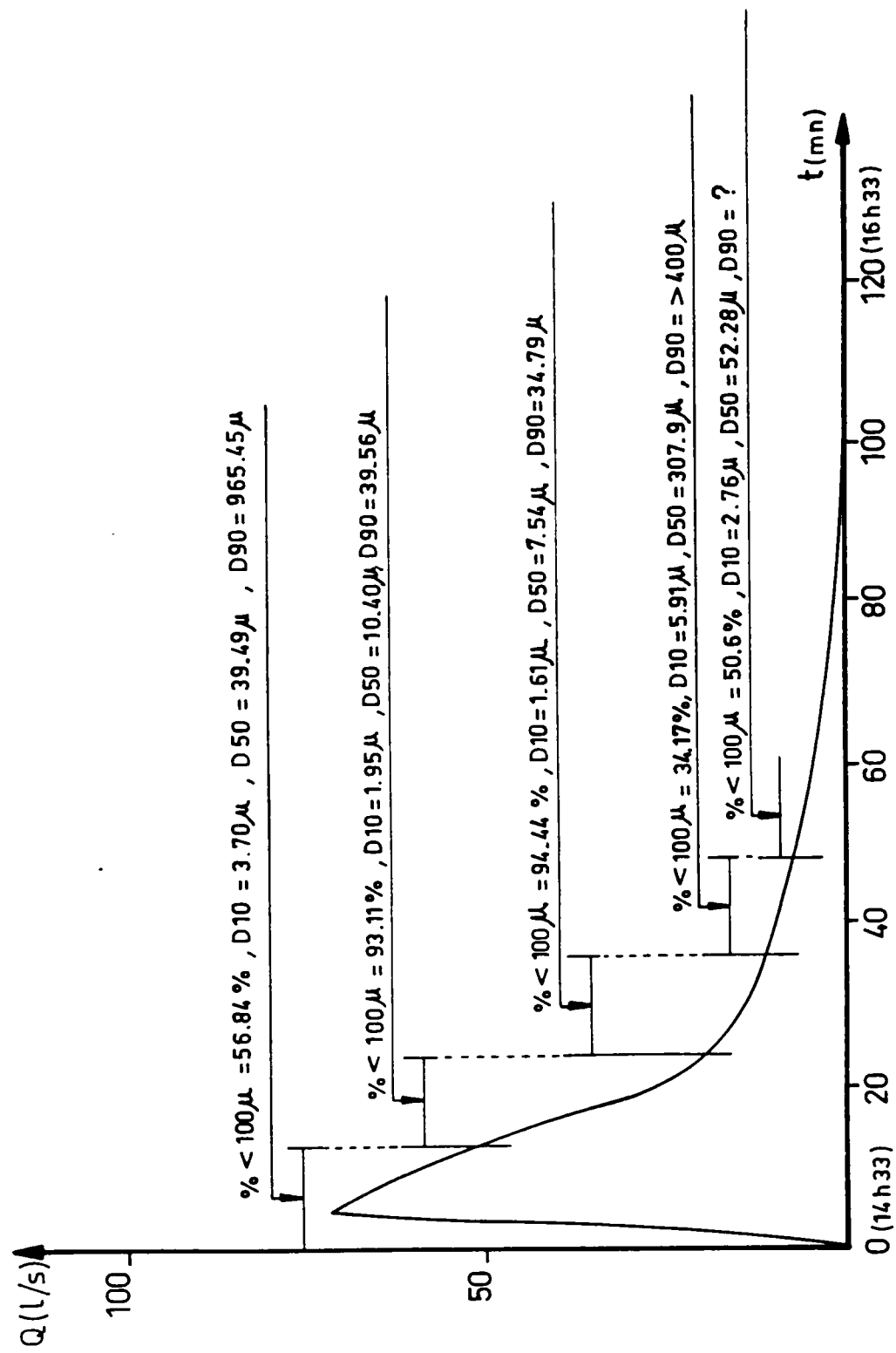


FIG 3 ; CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DES SOLIDES PRELEVES
A DIFFERENTS MOMENTS DE LA PLUIE (avec ultrasons)

BASSIN : MARLY DATE : 16.08.89



Mode opératoire	% < 100 μm	D10 (μm)	D50 (μm)	D90 (μm)
Sans ultrasons	73	11.9	40.6	> 100
Avec ultrasons	77	2.7	20.6	> 100

Tableau 1 : Caractéristiques granulométriques des solides prélevés à l'exutoire du bassin versant expérimental Trianon

Echantillons	Mode opératoire	Caractéristiques granulométriques		
		D10 (μm)	D50 (μm)	D90 (μm)
Trianon 14h42	1	9.46	31.56	85.10
	2	2.53	15.29	46.99
	3	4.56	29.26	60.05
Trianon 14h49	1	9.34	33.12	83.58
	2	2.02	10.43	35.22
	3	4.82	27.72	49.88
Trianon 14h56	1	11.75	36.51	84.66
	2	2.76	23.68	54.99
	3	6.78	30.17	52.47
Trianon 15h09	1	12.20	33.77	68.99
	2	1.74	8.34	30.11
	3	4.75	27.54	44.89

Tableau 2 : Caractéristiques granulométriques des solides, de dimensions < 100 μm , prélevés à l'exutoire du bassin versant expérimental Trianon

FIG 4 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DES SOLIDES PRELEVES
A DIFFERENTS MOMENTS DE LA PLUIE (Sans ultrasons)

BASSIN : MARLY DATE : 16.08.89

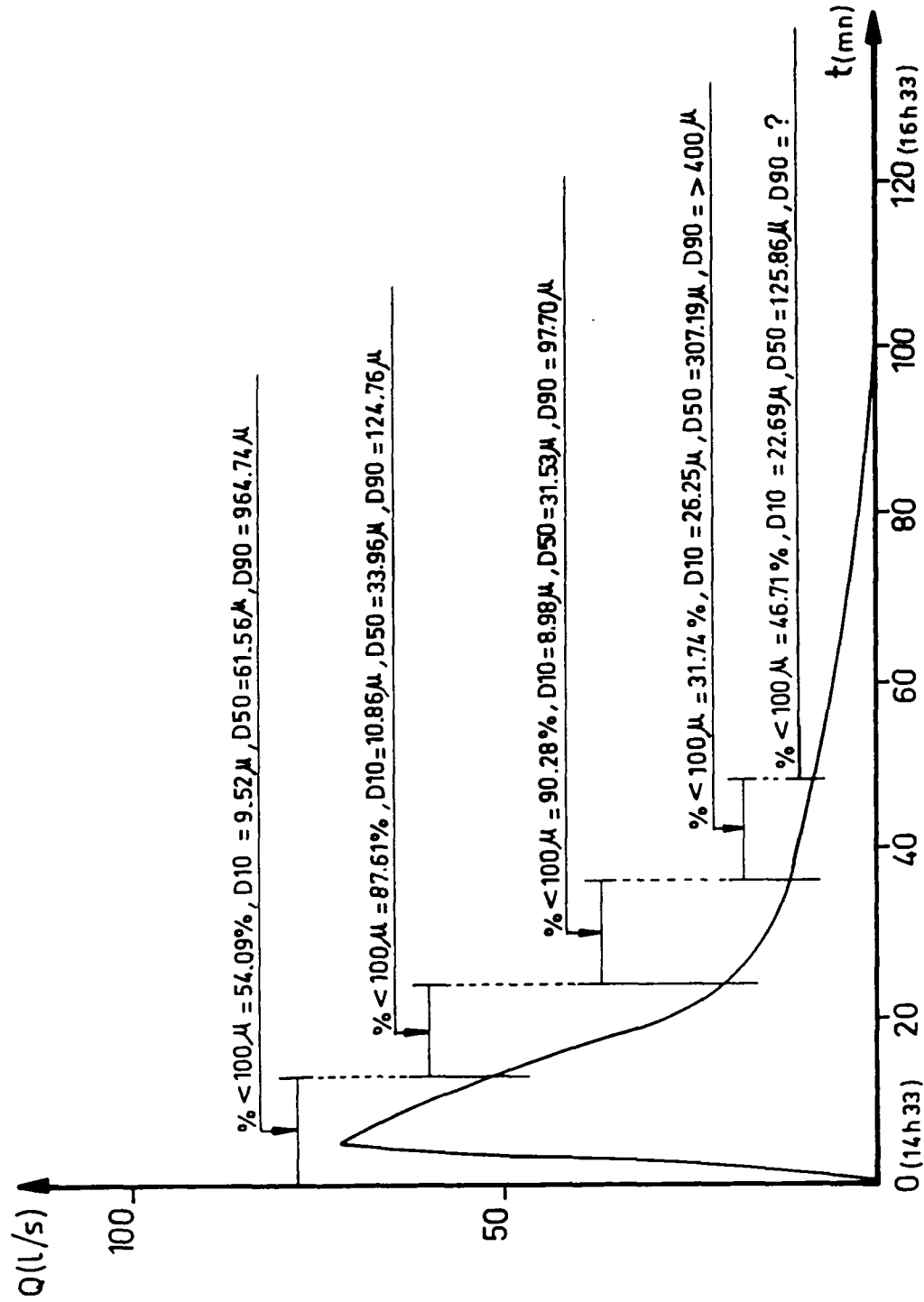
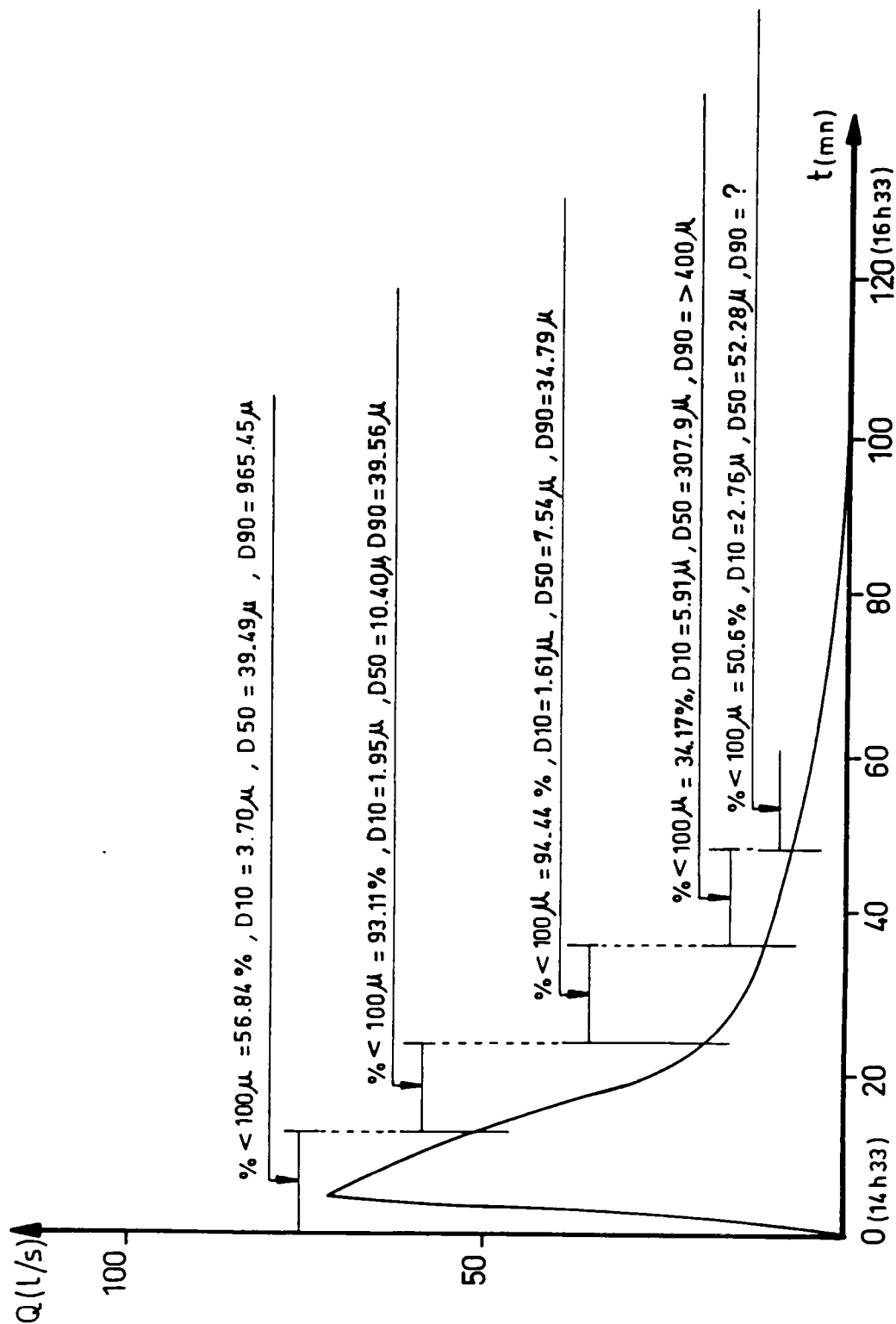


FIG 5 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DES SOLIDES PRELEVES
A DIFFERENTS MOMENTS DE LA PLUIE (avec ultrasons)

BASSIN : MARLY DATE : 16.08.89



Mode opératoire	% < 100 μm	D10 (μm)	D50 (μm)	D90 (μm)
Sans ultrasons	63	11.5	47.2	> 100
Avec ultrasons	67	2.6	22.6	> 100

Tableau 3 : Caractéristiques granulométriques des solides prélevés à l'exutoire du bassin versant expérimental Marly

Echantillons	Mode opératoire	Caractéristiques granulométriques		
		D10 (μm)	D50 (μm)	D90 (μm)
Marly 14h33	1	5.87	26.2	70
	2	2.29	13.8	42
	3	3.34	27.5	56
Marly 14h46	1	10.35	31.9	74
	2	1.88	9.3	32
	3	3.16	21.3	41
Marly 14h57	1	8.61	29.8	61
	2	1.50	6.8	20
	3	2.53	17.8	38
Marly 15h09	1	12.5	36	86
	2	1.98	12.9	40
	3	4.43	29.8	55
Marly 15h21	1	15.68	36.9	88
	2	1.43	8.5	34
	3	4.11	31.8	59

Tableau 4 : Caractéristiques granulométriques des solides de dimensions inférieures à 100 μm prélevés à l'exutoire du bassin versant expérimental Marly

3. MASSE VOLUMIQUE ET TENEUR ORGANIQUE (MARLY ET TRIANON, BORDEAUX)

3.1. Masse volumique

Les résultats des mesures de la masse volumique sont présentés dans le tableau 5. Ils montrent que pour les deux sites étudiés, les valeurs obtenues pour les particules de dimensions inférieures à 100 μm sont de même ordre de grandeur. Une divergence assez importante dans les résultats apparaît pour les solides plus grossiers.

Site	Classe granulométrique		
	< 100 μm	> 100 μm	Echantillon global
Marly (2.2 ha)	1.9	2.2	2.0
Trianon (5.7 ha)	2.1	1.7	2.0

Tableau 5 : Masses volumiques des solides prélevés par temps de pluie à l'exutoire de Trianon et Marly

3.2. Teneur organique

Les teneurs organiques des solides prélevés à l'aval de Marly et Trianon sont données dans le tableau n° 6. Elles varient entre 32 et 49 %.

Site	Surface du bassin versant (ha)	Concentration		MVS/MES (%)
		MES (mg/l)	MVS (mg/l)	
Marly	2.2	251	122	49
Trianon	5.7	216	70	32

Tableau 6 : Teneur organique dans les matières en suspension à l'aval des deux bassins versants expérimentaux Marly et Trianon

Par comparaison avec les caractéristiques moyennes des eaux de ruissellement urbains, ces valeurs apparaissent comme assez fortes. Ceci pourra être due à une ou plusieurs des causes suivantes :

1. dilution avec les eaux de temps sec,
2. la pluie étudiée n'est pas très importante, la teneur organique est par conséquent supérieure à la moyenne mais elle reste inférieure au maximum enregistré dans la bibliographie,
3. il peut y avoir une sédimentation rapide juste après l'entrée dans le réseau, des solides les plus grossiers et les plus lourds, qui sont généralement plus minéraux,
4. il peut y avoir une remise en suspension du dépôt formé par temps sec dans les canalisations amont.

4. VITESSE DE CHUTE (MARLY ET TRIANON, BORDEAUX)

Les résultats obtenus sont représentés sous forme de tableaux numériques et de graphiques cumulatifs en annexe C 2.2.

Les valeurs de V_{10} , V_{50} et V_{90} à différents moment de la crue sont résumés dans les figures 6 et 7.

A partir des différentes mesures effectuées, nous avons reconstitué par le calcul des répartitions moyennes sur toute la crue. Les courbes cumulatives correspondant aux différentes classes granulométriques sont données dans la figure 8 et 9. Les indices V_{10} , V_{50} et V_{90} correspondants sont résumés dans le tableau 7.

Figure 6

Figure 7

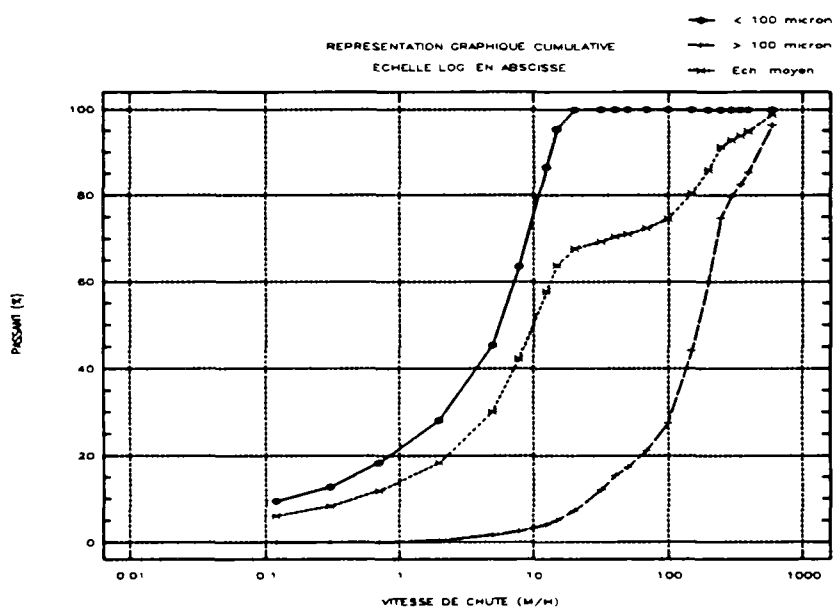


Figure 8 : Répartitions graphiques cumulatives des vitesses de chute des solides en suspension, par temps de pluie, à l'aval du petit bassin versant unitaire Marly

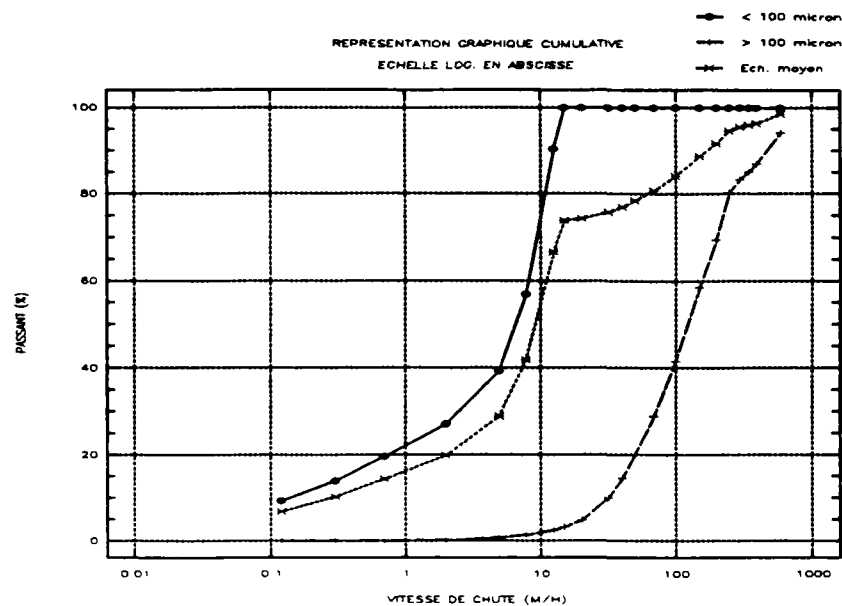


Figure 9 : Répartitions graphiques cumulatives des vitesses de chute des solides en suspension, par temps de pluie, à l'aval du petit bassin versant unitaire Trianon

Il apparait que :

- 1. les valeurs de vitesses de chute mesurées sont très élevées même pour les particules de dimensions inférieures à 100 μm ,
- 2. pendant la crue, les solides prélevés quelques minutes après le pic de débit sur une tranche de 7 à 10 minutes présentent les valeurs de vitesse de chute les plus élevées malgré la plus grande finesse des particules à ce moment là ; la vitesse médiane est presque le double de celles des solides des autres tranches de l'hydrogramme,
- 3. par classes granulométriques, les résultats obtenus sur les deux sites sont du même ordre de grandeur.

Site	Classe granulométriques	% massique dans la masse	V10 (m/h)	V50 (m/h)	V90 (m/h)
Trianon	< 100 μm	73	0.15	6.8	12.42
	> 100 μm	27	31.6	125	485.5
	Totalité	100	0.30	9.4	170.7
Marly	< 100 μm	65	0.16	5.8	13.5
	> 100 μm	35	26.5	168.7	484.4
	Totalité	100	0.5	10.2	238.7

Tableau 7 : Vitesse de chute des matières en suspension à l'aval des deux bassins versants expérimentaux Marly et Trianon (résultats moyens sur toute la crue)

ANNEXE A 4.6

PROCEDURE ADOPTEE POUR DETERMINER LA CONTRIBUTION DES DIVERSES SOURCES A LA POLLUTION DES ECOULEMENTS PLUVIAUX URBAINS D'UN RESEAU UNITAIRE

1. DONNEES DISPONIBLES

Les données disponibles sont, nous le rappelons, les suivantes :

1. Les concentrations moyennes annuelles en différents paramètres de pollution des effluents d'orage à l'exutoire de 7 bassins versants urbains drainés par un réseau que l'on peut considérer comme strictement pluvial. Il s'agit des bassins : Maurepas, les Ullis, Aix-Nord et Aix-Zup, Vélizy-Ouest, Collecteur de la Malnoue et collecteur du Centre Urbain (Noisy-Le-Grand).

Les résultats correspondants sont synthétisés dans le tableau...du chapitre 9. Ils peuvent servir de référence pour estimer la masse de pollution annuelle apportée par le lessivage des surfaces urbaines car dans l'ensemble des réseaux concernés les dépôts sont faibles.

2. Les concentrations moyennes annuelles, en différents paramètres de pollution, dans les effluents d'orage de 4 réseaux, classés comme unitaires : Mantes la Ville, les Côteaux, Ru des Grammonts et Ru St Baudile.

Pour ces quatre sites, nous connaissons aussi les caractéristiques des eaux de temps sec, ainsi que les concentrations moyennes annuelles par temps de pluie après élimination de la contribution des eaux usées urbaines reçues pendant les crues.

Les valeurs des concentrations sont données dans le tableau...du chapitre 9.

Notons, aussi, que pour apporter des éléments sur l'importance, par temps de pluie, des remises en suspension, des solides déposés dans les canalisations amont et dans les collecteurs visitables d'un réseau unitaire, nous faisons recours à des données issues des expérimentations que nous avons menées dans le réseau du bassin versant 13 à Marseille.

2. FORMULES UTILISEES

Dans ce qui suit, nous utilisons les notations suivantes :

C_{RU}	=	concentration moyenne annuelle de pollution des effluents d'orage d'un réseau unitaire
C_R	=	concentration moyenne annuelle de pollution des effluents d'orage d'un réseau strictement pluvial
C_{EU}	=	concentration moyenne quotidienne (et annuelle) de pollution des eaux usées urbaines
$C_{(RU - EU)}$	=	concentration moyenne annuelle de pollution des effluents d'orage d'un réseau unitaire après élimination de la contribution des eaux usées urbaines reçues pendant les crues
V_{RU}	=	volume annuel des eaux des effluents d'orage d'un réseau unitaire
V_R	=	volume annuel des eaux de ruissellement
V_{EU}	=	volume annuel des eaux usées reçues par le réseau pendant le ruissellement
M_{RU}	=	masse totale de pollution annuelle à l'aval d'un réseau unitaire
M_R	=	masse de pollution annuelle apportée par le lessivage des surfaces urbaines assimilée à la charge annuelle des effluents d'orage d'un réseau strictement pluvial sans dépôts
M_{EU}	=	masse de pollution annuelle apportée par les eaux usées urbaines
M_D	=	masse de pollution annuelle apportée par la remise en suspension des particules en dépôts dans le réseau unitaire
PC_R	=	pourcentage de pollution annuelle, apporté par le ruissellement, le lessivage et l'érosion des surfaces urbaines
PC_{EU}	=	pourcentage de pollution annuelle apporté par les eaux usées reçues pendant les crues
PC_D	=	pourcentage de la pollution annuelle apporté par la remise en suspension des particules en dépôt dans le réseau.

Pour un paramètre de pollution donné, nous pouvons écrire :

$$M_{RU} = M_R + M_{EU} + M_D$$

ou

$$PC_R + PC_{EU} + PC_D = 100$$

avec

$$M_{RU} = C_{RU} \cdot V_{RU}$$

$$M_R = C_R \cdot V_R$$

$$M_{EU} = C_{EU} \cdot V_{EU}$$

$$M_D = (M_{RU} - M_{EU}) - M_R = C_{(RU-EU)} \cdot V_R - C_R \cdot V_R$$

$$PC_R = \frac{M_R}{M_{RU}} \cdot 100$$

$$PC_{EU} = \frac{M_{EU}}{M_{RU}} \cdot 100$$

$$PC_D = \frac{M_D}{M_{RU}} \cdot 100$$

Les valeurs de PC_R , PC_{EU} et PC_D peuvent être calculées à partir des données disponibles comme suit :

1. Expression de PC_R en fonction des données disponibles

$$PC_R = \frac{M_R}{M_{RU}} \cdot 100 = \frac{C_R \cdot V_R}{C_{RU} \cdot V_{RU}} \cdot 100 = \frac{C_R \cdot V_R}{C_{RU} \cdot V_{RU}} \cdot \frac{C_{(RU-EU)} \cdot V_R}{C_{(RU-EU)} \cdot V_R} \cdot 100$$

$$\Rightarrow PC_R = \frac{C_R}{C_{(RU-EU)}} \cdot (100 - PC_{EU})$$

2. Expression de PC_{EU} en fonction des données disponibles

$$PC_{EU} = \frac{M_{EU}}{M_{RU}} \cdot 100 = \frac{C_{EU} V_{EU}}{C_{RU} V_{RU}} \cdot 100$$

or :

$$\begin{aligned} C_{RU} V_{RU} &= C_{EU} V_{EU} + C_{(RU-EU)} V_R \\ &= C_{EU} V_{EU} + C_{(RU-EU)} (V_{RU} - V_{EU}) \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \frac{V_{EU}}{V_{RU}} = \frac{C_{RU} - C_{(RU-EU)}}{C_{EU} - C_{(RU-EU)}}$$

$$\Rightarrow PC_{EU} = \frac{C_{EU}}{C_{RU}} \cdot \frac{C_{RU} - C_{(RU-EU)}}{C_{EU} - C_{(RU-EU)}} \cdot 100$$

3. Expression de PC_D en fonction des données disponibles

$$PC_D = \frac{M_D}{M_{RU}} \cdot 100 = \frac{C_{(RU-EU)} V_R - C_R V_R}{C_{RU} V_{RU}} \cdot 100$$

$$= \frac{(C_{(RU-EU)} - C_R) V_R}{C_{RU} V_{RU}} \cdot \frac{C_{(RU-EU)} V_R}{C_{(RU-EU)} V_R} \cdot 100$$

$$= \frac{C_{(RU-EU)} - C_R}{C_{(RU-EU)}} \cdot (100 - PC_{EU})$$

3. PROCEDURE DE CALCUL

Nous commençons par le calcul de PC_{EU} , ensuite nous évaluons PC_R et PC_D .

1. Calcul de PC_{EU}

Nous faisons le calcul pour les 3 sites : Mantes la Ville, collecteur des Côteaux, et Ru des Grammonts.

Le site Ru St Baudile a été écarté parce que les valeurs des concentrations mesurées sur les eaux de temps sec apparaissent relativement faibles.

Les valeurs de C_{RU} , C_{EU} et $C_{(RU - EU)}$ utilisées sont tirées de l'étude [PHILIPPE J.P. et RANCHET J., 1987] sur la pollution des eaux de ruissellement pluvial en zone urbaine (Synthèse des mesures sur dix bassins versants en région parisienne) .

2. Calcul de PC_D et PC_R

Nous ne pouvons pas calculer PC_D et PC_R pour chacun des sites unitaires cités ci-dessus. Ceci en raison de manque de données sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux entrant par temps de pluie dans les réseaux correspondants.

Le remplacement des valeurs manquantes des C_R par les concentrations moyennes annuelles des effluents d'orage de réseaux pluviaux déjà mentionnés peut introduire des incertitudes importantes liées à la grande variabilité de ce paramètre en fonction du site étudié.

Par contre, nous pouvons nous limiter au calcul d'ordres de grandeurs globaux de PC_D et PC_R en utilisant les données moyennes suivantes :

PC_{EU}	=	moyenne des résultats obtenus sur les sites Mantes la Ville, Collecteur des Côteaux et Ru des Grammonts
C_R	=	moyenne des concentrations annuelles de pollution des effluents des réseaux séparatifs, calculée sur les sites : Maurepas, les Ulis, Aix-Nord, Aix-Zup, Vélizy-Ouest, Collecteur de la Malnoue et Collecteur Centre Urbain (Noisy-Le-Grand)
C_{RU} et $C_{(RU-EU)}$	=	moyennes des valeurs obtenues pour les sites médians unitaires Mantes la Ville, Les Côteaux, Ru des Grammonts et Ru St Baudile.

ANNEXES "TABLEAUX"

ANNEXE B1

EFFICACITE D'INTERCEPTION DES MASSES POLLUANTES (EN MES, DCO ET DBO₅) PRODUITES SUR UNE LONGUE PERIODE.

COMPARAISON DES RESULTATS DES 4 BASSINS VERSANTS EXPERIMENTAUX ET D'AUTRES RESULTATS TROUVES DANS LA LITTERATURE

Classe de réseau	Site (surface imperméabilisée)	Volume d'interception (m ³ /ha imp.)				Référence
		20	50	100	200	
	Maurepas (16,02 ha)	36%	57%	74%	90%	notre étude
Type 1	Les Ulis (18,10 ha)	39%	61%	76%	88%	notre étude
	Aix ZUP (20 ha)	56%	77%	89%	98%	notre étude
	Vélizy Ouest (28,8 ha)	–	≈75%	≈88%	–	[1*]
	Aix Nord (32,2 ha)	49%	74%	92%	100%	notre étude
	Malnoue (64,7 ha)	45%	78%	92%	100%	[2*]
Type 2	Canal Chesnay (107,5 ha)	62%	85%	96%	99%	[2*]
Type 3	Rue St Baudille (344,2 ha)	66%	84%	–	–	[2*]
Référence : [1*] : [RANCHET J., CHERON J., 1976] [2*] : [PAITRY A., RENARD D., 1984]						

Tableau : Efficacité d'interception des MES apportées sur une longue période.

Comparaison des résultats des 4 bassins versants expérimentaux
et d'autres résultats trouvés dans la littérature

Classe de réseau	Site (surface imperméabilisée)	Volume d'interception (m ³ /ha imp.)				Référence
		20	50	100	200	
	Maurepas (16,02 ha)	40%	63%	79%	92%	notre étude
Type 1	Les Ulis (18,10 ha)	46%	65%	78%	88%	notre étude
	Aix ZUP (20 ha)	62%	81%	91%	98%	notre étude
	Vélizy Ouest (28,8 ha)	–	≈87%	≈96%		[1*]
	Aix Nord (32,2 ha)	57%	78%	91%	100%	notre étude
	Malnoue (64,7 ha)	84%	95%	99%	100%	[2*]
Type 2	Canal Chesnay (107,5 ha)	62%	85%	96%	99%	[2*]
Type 3	Rue St Baudille (344,2 ha)	66%	84%	–	–	[2*]
Référence : [1*] : [RANCHET J., CHERON J., 1976] [2*] : [PAITRY A., RENARD D., 1984]						

Tableau : Efficacité d'interception des DCO apportées sur une longue période.
Comparaison des résultats des 4 bassins versants expérimentaux
et d'autres résultats trouvés dans la littérature

Classe de réseau	Site (surface imperméabilisée)	Volume d'interception (m ³ /ha imp.)				Référence
		20	50	100	200	
	Maurepas (16,02 ha)	45%	68%	84%	94%	notre étude
Type 1	Les Ulis (18,10 ha)	51%	69%	81%	90%	notre étude
	Aix ZUP (20 ha)	72%	87%	95%	99%	notre étude
	Vélizy Ouest (28,8 ha)	-	≈86%	≈97%		[1*]
	Aix Nord (32,2 ha)	74%	90%	98%	100%	notre étude
	Malnoue (64,7 ha)	84%	95%	99%	100%	[2*]
Type 2	Canal Chesnay (107,5 ha)	62%	85%	96%	99%	[2*]
Type 3	Rue St Baudille (344,2 ha)	66%	84%	-	-	[2*]
Référence : [1*] : [RANCHET J., CHERON J., 1976] [2*] : [PAITRY A., RENARD D., 1984]						

Tableau : Efficacité d'interception des DBO5 apportées sur une longue période.

Comparaison des résultats des 4 bassins versants expérimentaux
et d'autres résultats trouvés dans la littérature

ANNEXE B2

**NOMBRE ANNUEL DE REJETS RESIDUELS DE DIFFERENTES CLASSES (EN
MES, DCO ET DBO₅)
EN FONCTION DE LA CAPACITE D'INTERCEPTION ET DES REGLES DE GES-
TION**

Volume d'interception (m ³ /ha imp.)	Mode de gestion	Classe des rejets (% de la masse annuelle produite)				
		< 0,1%	0,1-1%	1-5%	5-10%	> 10%
50	1	47 à 104	5 à 18	3 à 7	0 à 2	1
	2	42 à 105	6 à 18	3 à 10	0 à 2	1
	3	44 à 105	6 à 18	3 à 9	0 à 2	1
100	1	51 à 116	2 à 10	2 à 4	0 à 2	0 à 1
	2	48 à 117	4 à 10	1 à 4	0 à 2	0 à 1
	3	51 à 116	2 à 10	1 à 4	0 à 2	0 à 1

Tableau : Nombre annuel de rejets résiduels de différentes classes, en MES, en fonction de la capacité d'interception et des règles de gestion

Volume d'interception (m ³ /ha imp.)	Mode de gestion	Classe des rejets (% de la masse annuelle produite)				
		< 0,1%	0,1-1%	1-5%	5-10%	> 10%
50	1	44 à 101	6 à 18	3 à 11	0 à 2	0 à 1
	2	42 à 99	10 à 21	3 à 10	0 à 2	0 à 1
	3	44 à 101	6 à 18	3 à 11	0 à 2	0 à 1
100	1	51 à 115	2 à 9	1 à 8	0 à 1	0 à 1
	2	45 à 111	8 à 13	1 à 8	0 à 1	0 à 1
	3	52 à 115	2 à 11	1 à 8	0 à 1	0 à 1

Tableau : Nombre annuel de rejets résiduels de différentes classes, en DCO, en fonction de la capacité d'interception et des règles de gestion

Volume d'interception (m ³ /ha imp.)	Mode de gestion	Classe des rejets (% de la masse annuelle produite)				
		< 0,1%	0,1–1%	1–5%	5–10%	> 10%
50	1	48 à 99	4 à 23	3 à 9	0 à 1	0 à 1
	2	38 à 97	10 à 26	3 à 9	0 à 1	0 à 1
	3	48 à 99	4 à 22	3 à 10	0 à 1	0 à 1
100	1	53 à 116	1 à 11	2 à 6	0	0 à 1
	2	42 à 111	9 à 15	2 à 6	0	0 à 1
	3	52 à 116	1 à 10	2 à 6	0	0 à 1

Tableau : Nombre annuel de rejets résiduels de différentes classes, en DBO₅, en fonction de la capacité d'interception et des règles de gestion

ANNEXES "FIGURES"

ANNEXE C1

RESULTATS DE MESURE DE GRANULOMETRIE ET DE VITESSE DE CHUTE DES SOLIDES DES REJETS PLUVIAUX URBAINS

C 1.1. Granulométrie

C 1.2. Vitesse de chute

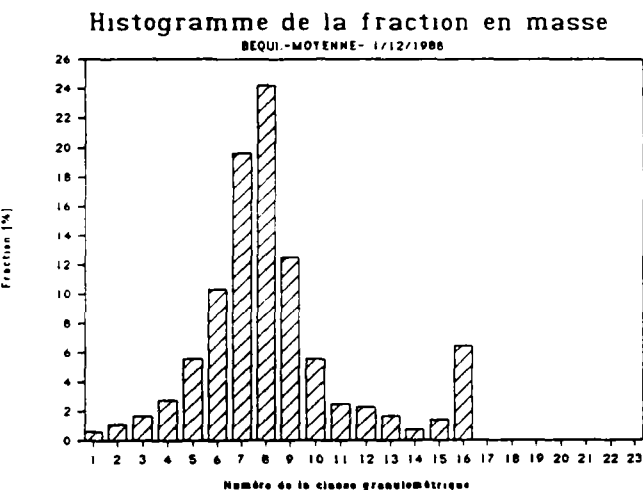
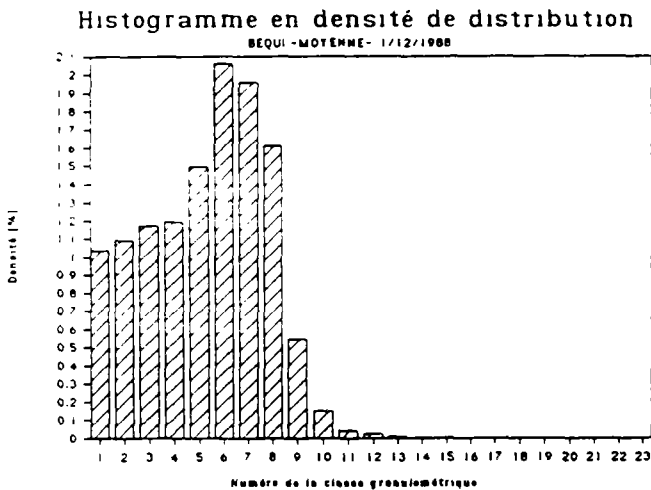
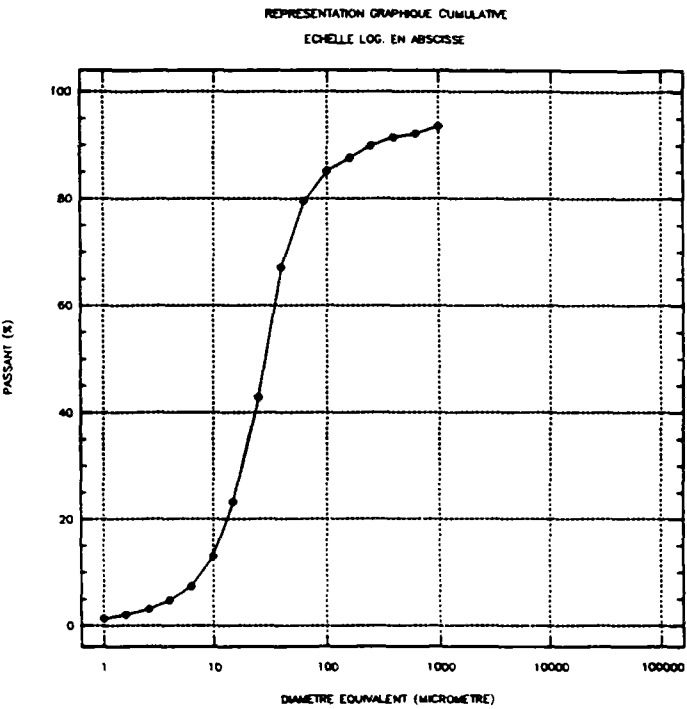
ANNEXES C 1.1

Granulométrie des solides des rejets pluviaux urbains

BEQUI.-MOYENNE- 1/12/1988

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS (SANS ULTRASON)

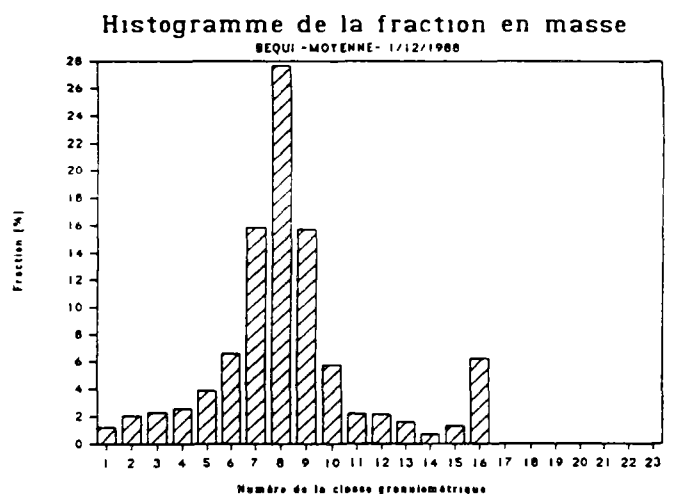
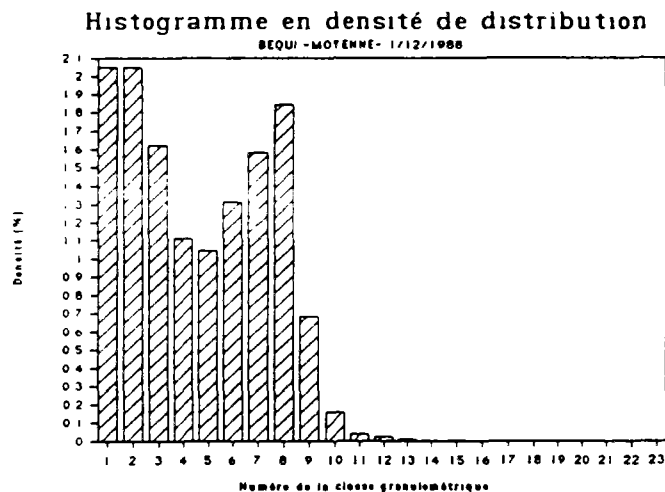
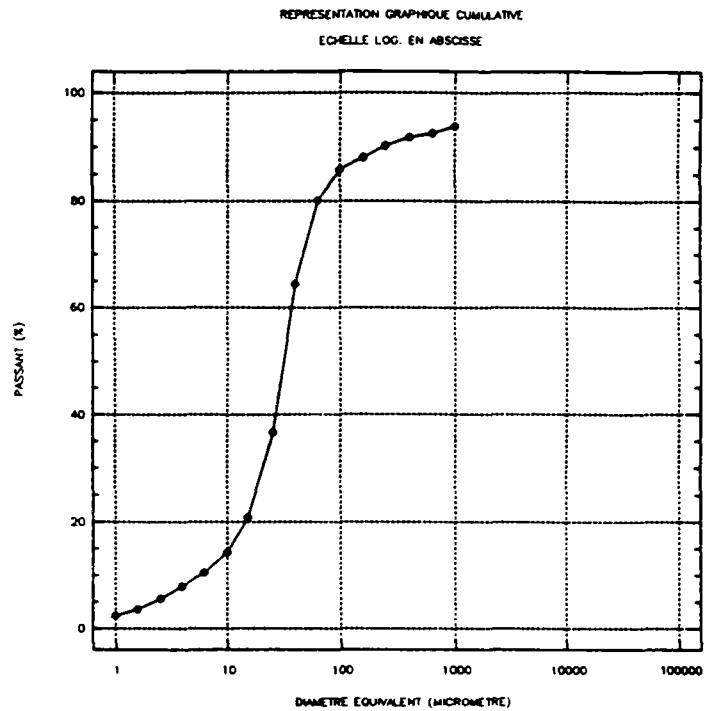
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,620	1,350	1,03333
1,60	2	1,090	1,970	1,09000
2,60	3	1,640	3,060	1,17143
4,00	4	2,740	4,700	1,19130
6,30	5	5,530	7,440	1,49459
10,00	6	10,310	12,970	2,06200
15,00	7	19,600	23,280	1,96000
25,00	8	24,200	42,880	1,61333
40,00	9	12,480	67,080	0,54261
63,00	10	5,560	79,560	0,15027
100,00	11	2,470	85,120	0,04117
160,00	12	2,250	87,590	0,02500
250,00	13	1,630	89,840	0,01087
400,00	14	0,720	91,470	0,00313
630,00	15	1,370	92,190	0,00370
1000,00	16	6,440	93,560	
1600,00	17			
2500,00	18			
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



BEQUI.-MOYENNE- 1/12/1988

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS (AVEC ULTRASON)

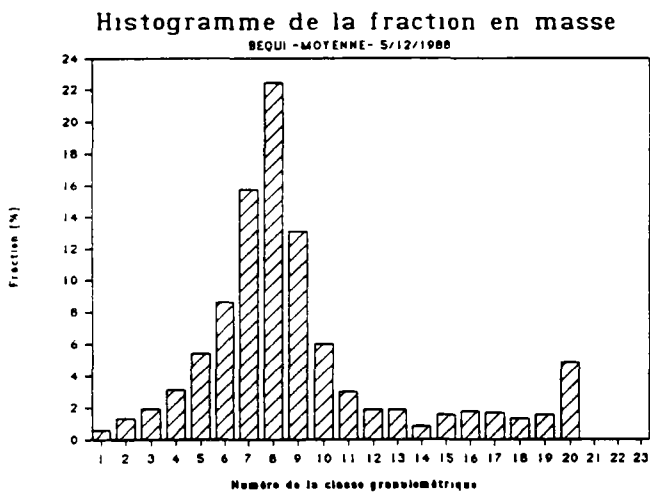
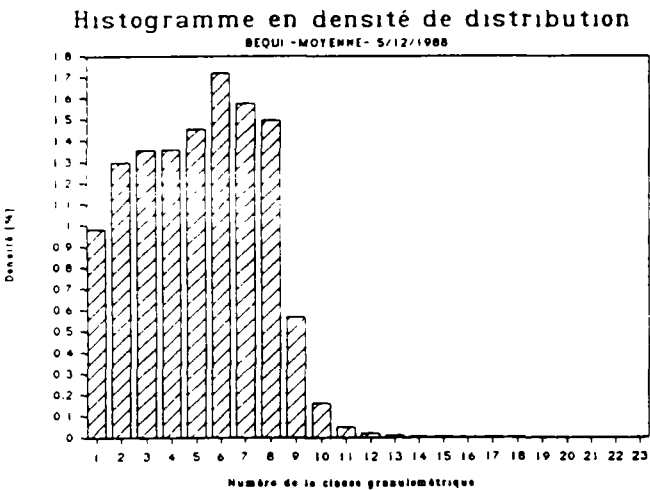
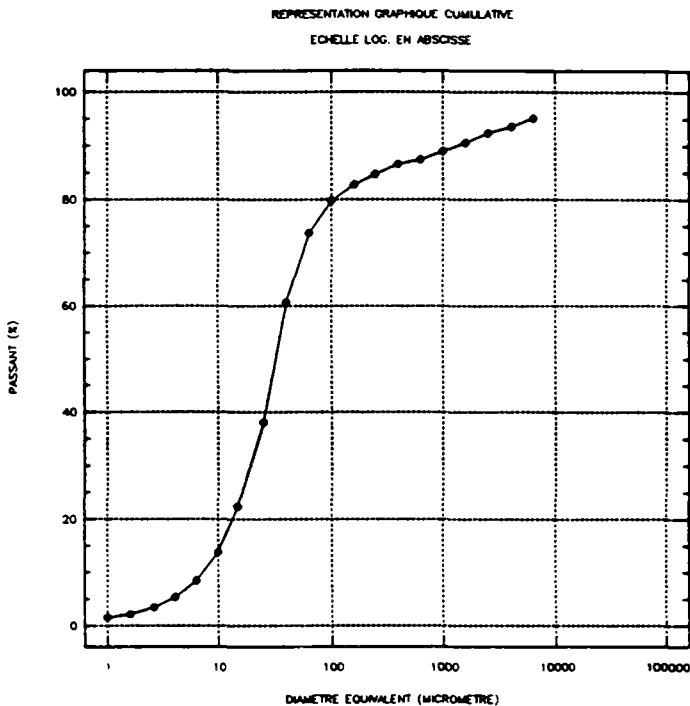
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	1,230	2,340	2,05000
1,60	2	2,050	3,570	2,05000
2,60	3	2,270	5,620	1,62143
4,00	4	2,560	7,890	1,11304
6,30	5	3,870	10,450	1,04595
10,00	6	6,570	14,320	1,31400
15,00	7	15,840	20,890	1,58400
25,00	8	27,660	36,730	1,84400
40,00	9	15,720	64,390	0,68348
63,00	10	5,760	80,110	0,15568
100,00	11	2,210	85,870	0,03683
160,00	12	2,150	88,080	0,02389
250,00	13	1,580	90,230	0,01053
400,00	14	0,700	91,810	0,00304
630,00	15	1,300	92,510	0,00351
1000,00	16	6,190	93,810	
1600,00	17			
2500,00	18			
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



BEQUI.-MOYENNE- 5/12/1988

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS (SANS ULTRASON)

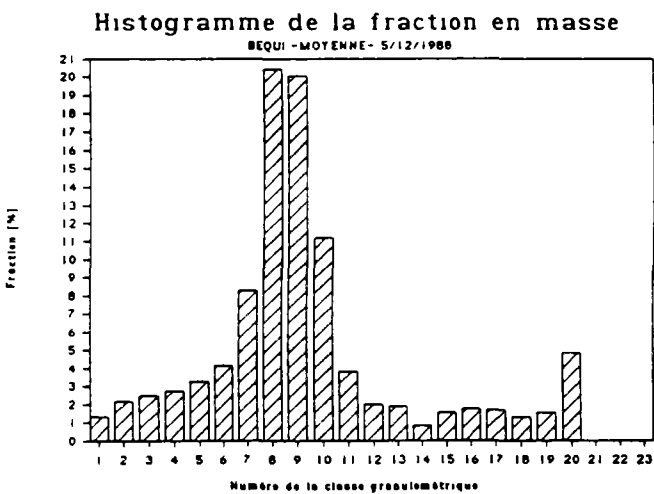
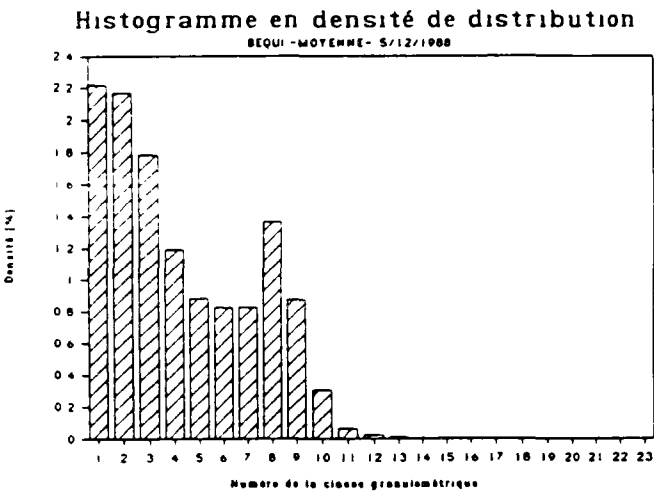
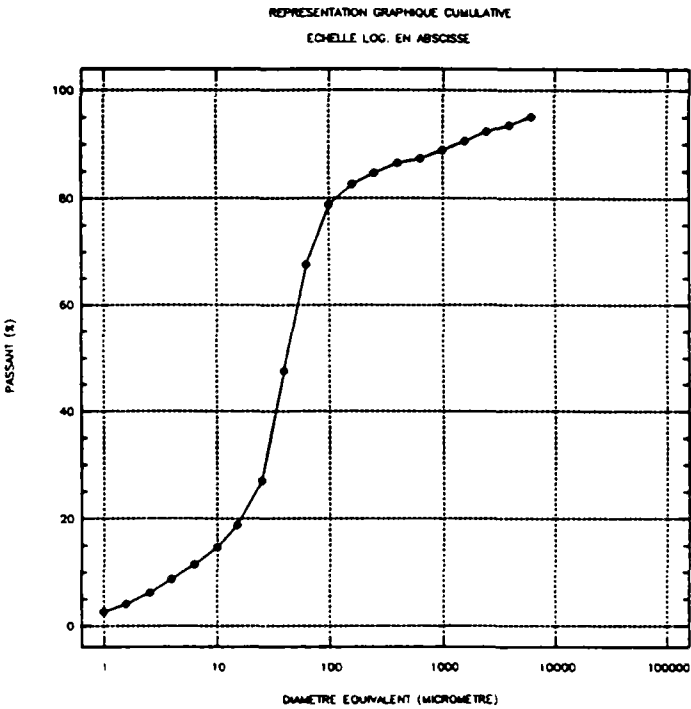
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,590	1,520	0,98333
1,60	2	1,300	2,110	1,30000
2,60	3	1,900	3,410	1,35714
4,00	4	3,130	5,310	1,36087
6,30	5	5,390	8,440	1,45676
10,00	6	8,610	13,830	1,72200
15,00	7	15,760	22,440	1,57600
25,00	8	22,460	38,200	1,49733
40,00	9	13,060	60,660	0,56783
63,00	10	6,010	73,720	0,16243
100,00	11	2,990	79,730	0,04983
160,00	12	1,890	82,720	0,02100
250,00	13	1,890	84,610	0,01260
400,00	14	0,850	86,500	0,00370
630,00	15	1,550	87,350	0,00419
1000,00	16	1,760	88,900	0,00293
1600,00	17	1,680	90,660	0,00187
2500,00	18	1,290	92,340	0,00086
4000,00	19	1,550	93,630	0,00067
6300,00	20	4,820	95,180	
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



BEQUI.-MOYENNE- 5/12/1988

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS (AVEC ULTRASONS)

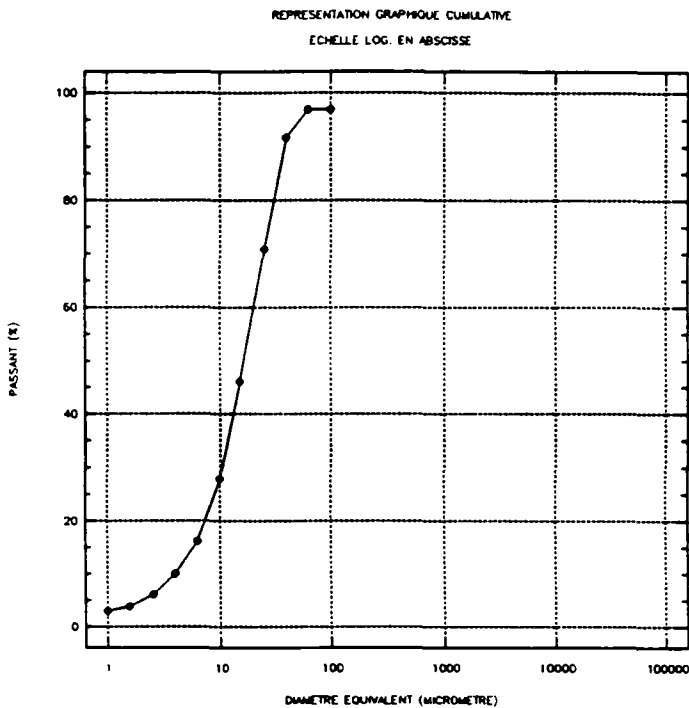
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	1,330	2,670	2,21667
1,60	2	2,170	4,000	2,17000
2,60	3	2,500	6,170	1,78571
4,00	4	2,740	8,670	1,19130
6,30	5	3,260	11,410	0,88108
10,00	6	4,130	14,670	0,82600
15,00	7	8,270	18,800	0,82700
25,00	8	20,450	27,070	1,36333
40,00	9	20,050	47,520	0,87174
63,00	10	11,190	67,570	0,30243
100,00	11	3,840	78,760	0,06400
160,00	12	2,010	82,600	0,02233
250,00	13	1,890	84,610	0,01260
400,00	14	0,850	86,500	0,00370
630,00	15	1,550	87,350	0,00419
1000,00	16	1,760	88,900	0,00293
1600,00	17	1,680	90,660	0,00187
2500,00	18	1,290	92,340	0,00086
4000,00	19	1,550	93,630	0,00067
6300,00	20	4,820	95,180	
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



VIDANGE-BEQUI.-19/10/1989

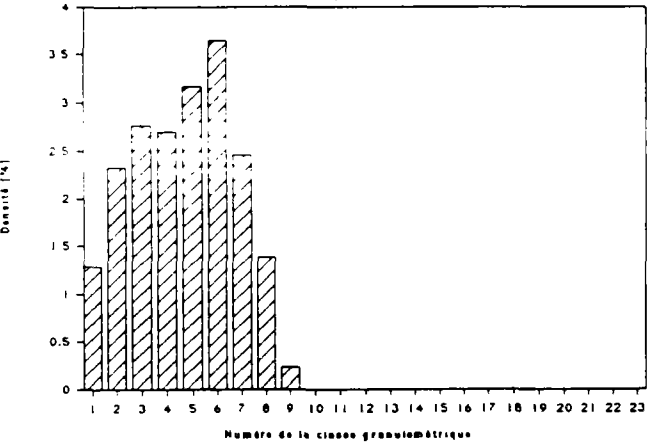
Moyen de mesure : TAMIS+CILAS (SANS ULTRASON)

Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,776	3,006	1,29307
1,60	2	2,328	3,782	2,32752
2,60	3	3,879	6,110	2,77086
4,00	4	6,207	9,989	2,69857
6,30	5	11,735	16,196	3,17151
10,00	6	18,232	27,930	3,64645
15,00	7	24,633	46,162	2,46329
25,00	8	20,851	70,795	1,39005
40,00	9	5,334	91,646	0,23191
63,00	10	0,000	96,980	0,00000
100,00	11	3,018	96,980	
160,00	12			
250,00	13			
400,00	14			
630,00	15			
1000,00	16			
1600,00	17			
2500,00	18			
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



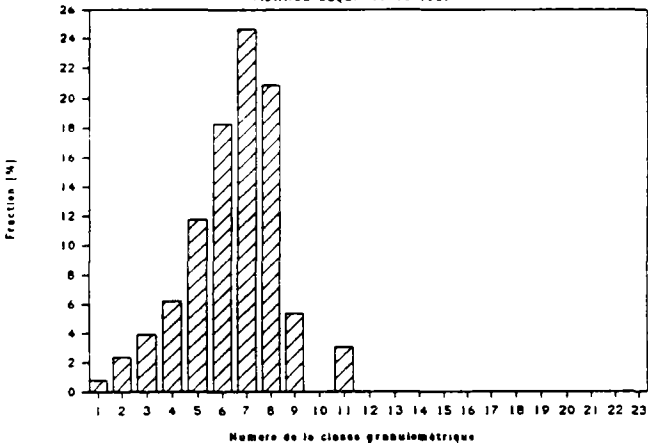
Histogramme en densité de distribution

VIDANGE-BEQUI.-19/10/1989



Histogramme de la fraction en masse

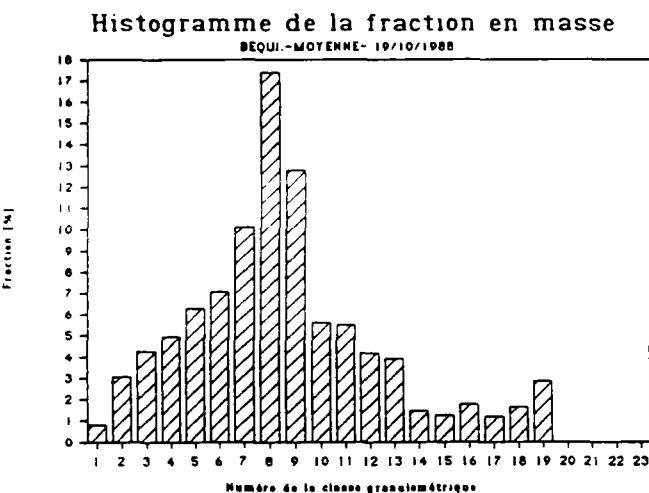
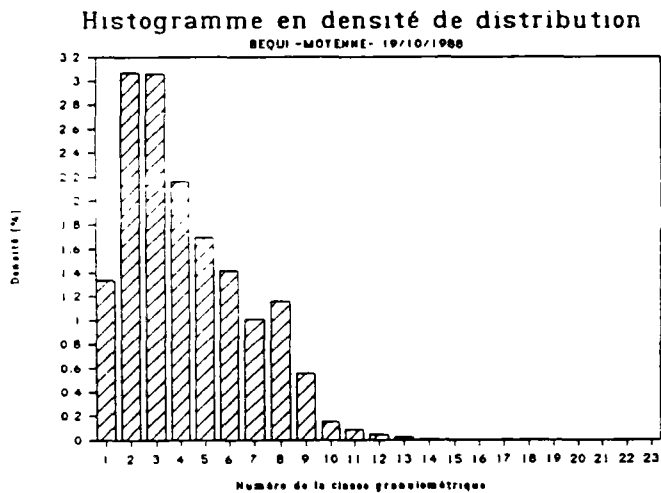
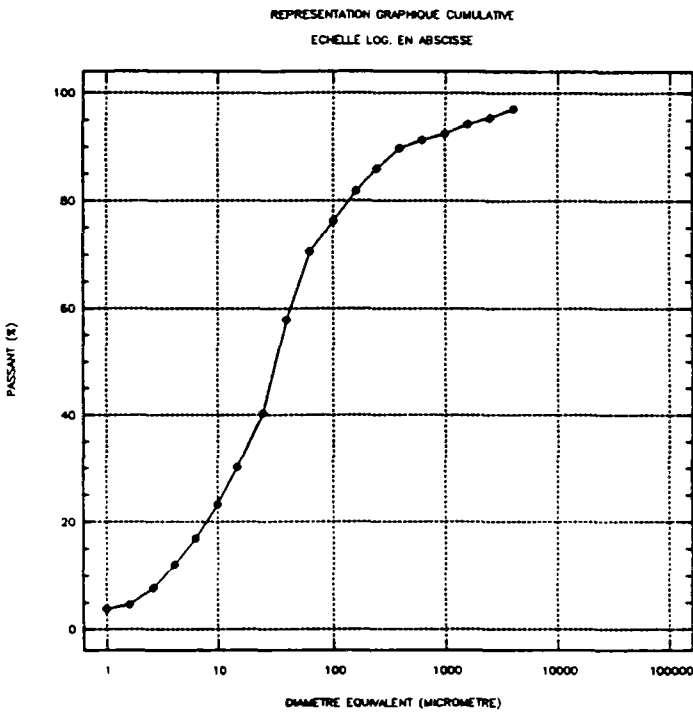
VIDANGE-BEQUI.-19/10/1989



BEQUI.-MOYENNE- 19/10/1989

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS (AVEC ULTRASON)

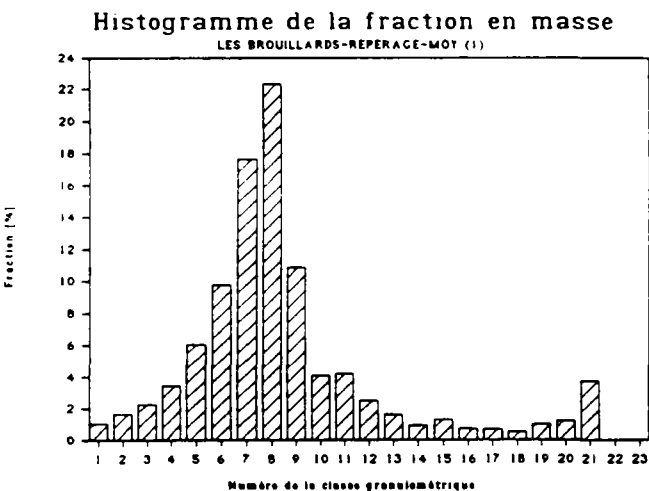
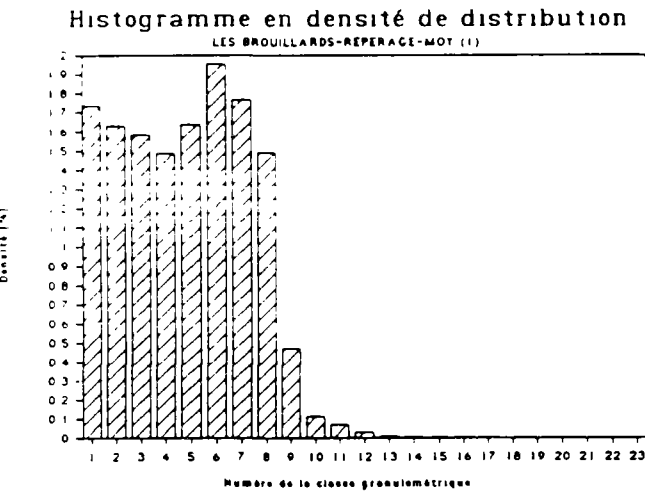
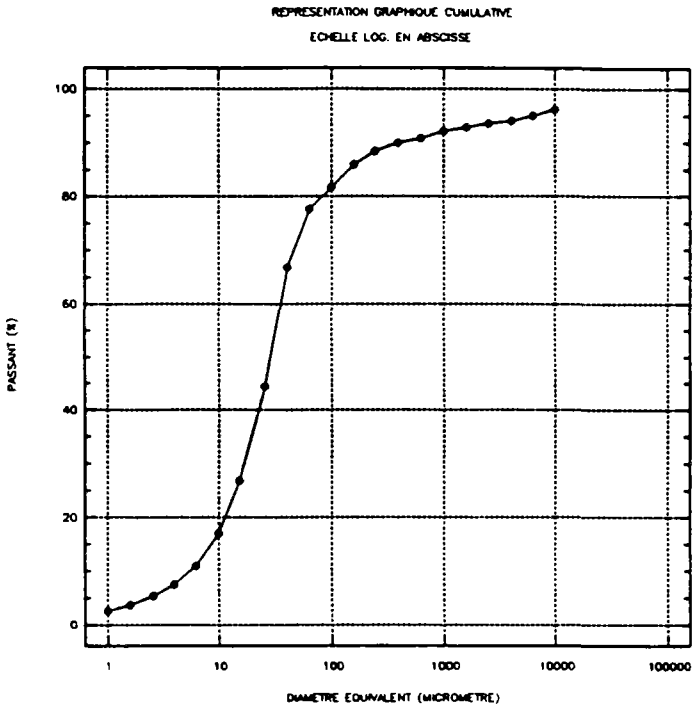
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,800	3,830	1,33333
1,60	2	3,070	4,630	3,07000
2,60	3	4,280	7,700	3,05714
4,00	4	4,970	11,980	2,16087
6,30	5	6,270	16,950	1,69459
10,00	6	7,080	23,220	1,41600
15,00	7	10,110	30,300	1,01100
25,00	8	17,400	40,410	1,16000
40,00	9	12,780	57,810	0,55565
63,00	10	5,630	70,590	0,15216
100,00	11	5,510	76,220	0,09183
160,00	12	4,180	81,730	0,04644
250,00	13	3,910	85,910	0,02607
400,00	14	1,470	89,820	0,00639
630,00	15	1,240	91,290	0,00335
1000,00	16	1,770	92,530	0,00295
1600,00	17	1,180	94,300	0,00131
2500,00	18	1,660	95,480	0,00111
4000,00	19	2,860	97,140	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



LES BROUILLARDS-REPERAGE-MOY.(1)

Moyen de mesure : TAMIS +CILAS(SANS ULTRASON)

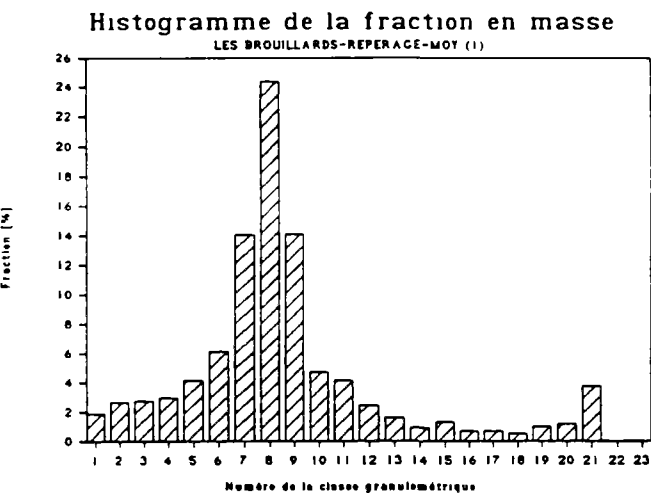
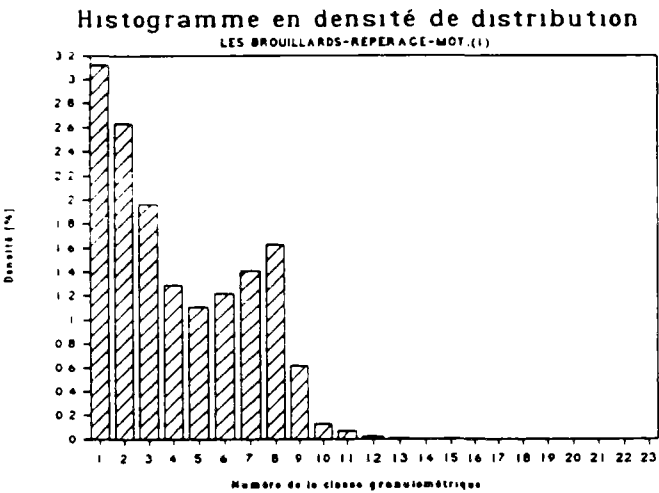
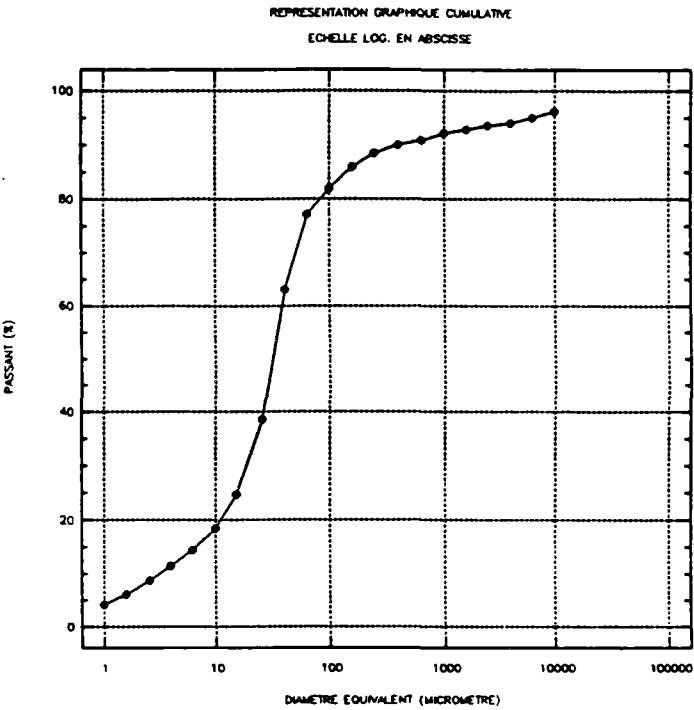
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	1,040	2,630	1,73333
1,60	2	1,630	3,670	1,63000
2,60	3	2,220	5,300	1,58571
4,00	4	3,420	7,520	1,48696
6,30	5	6,060	10,940	1,63784
10,00	6	9,770	17,000	1,95400
15,00	7	17,650	26,770	1,76500
25,00	8	22,350	44,420	1,49000
40,00	9	10,850	66,770	0,47174
63,00	10	4,100	77,620	0,11081
100,00	11	4,190	81,720	0,06983
160,00	12	2,500	85,910	0,02778
250,00	13	1,590	88,410	0,01060
400,00	14	0,910	90,000	0,00396
630,00	15	1,280	90,910	0,00346
1000,00	16	0,700	92,190	0,00117
1600,00	17	0,680	92,890	0,00076
2500,00	18	0,520	93,570	0,00035
4000,00	19	0,980	94,090	0,00043
6300,00	20	1,190	95,070	0,00032
10000,00	21	3,740	96,260	
14000,00	22			
25000,00	23			



LES BROUILLARDS-REPERAGE-MOY.(1)

Moyen de mesure : TAMIS +CILAS(AVEC ULTRASON)

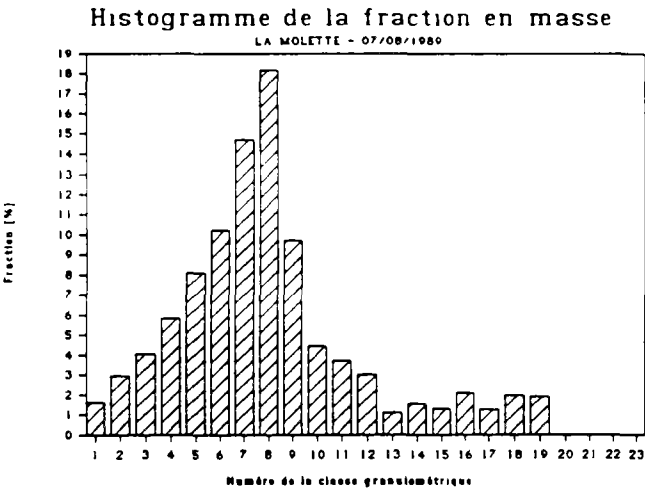
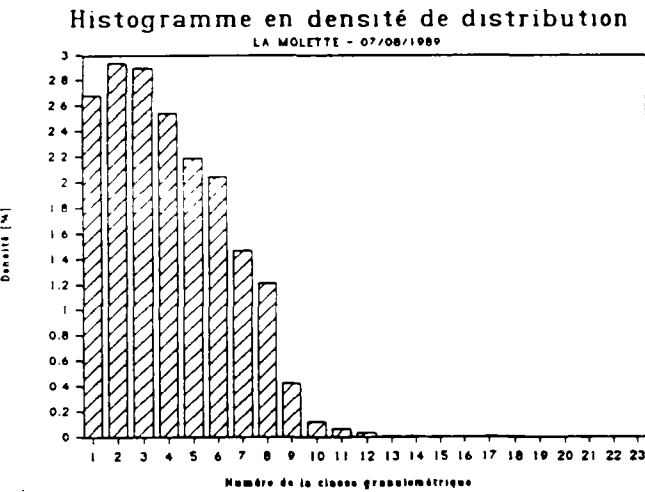
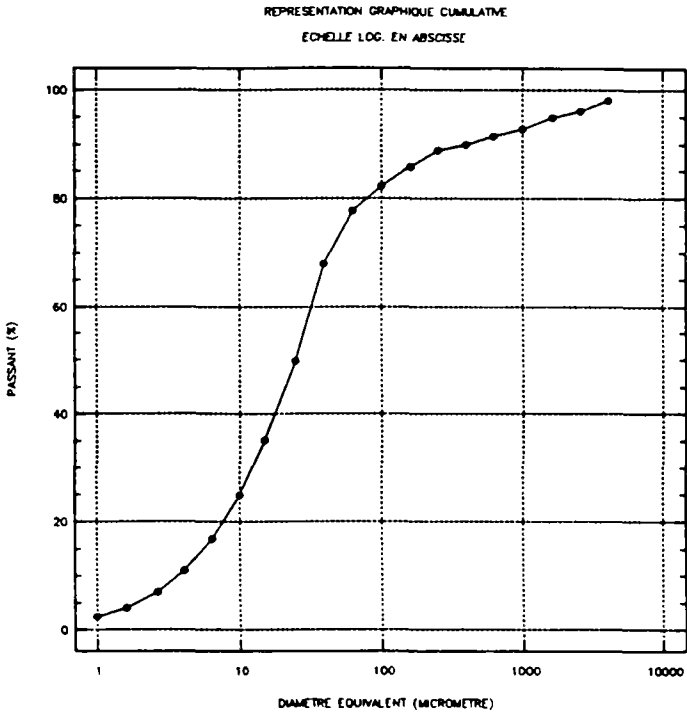
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	1,870	4,210	3,11667
1,60	2	2,630	6,080	2,63000
2,60	3	2,750	8,710	1,96429
4,00	4	2,970	11,460	1,29130
6,30	5	4,100	14,430	1,10811
10,00	6	6,100	18,530	1,22000
15,00	7	14,050	24,630	1,40500
25,00	8	24,400	38,680	1,62667
40,00	9	14,100	63,080	0,61304
63,00	10	4,680	77,180	0,12649
100,00	11	4,120	81,860	0,06867
160,00	12	2,430	85,980	0,02700
250,00	13	1,590	88,410	0,01060
400,00	14	0,910	90,000	0,00396
630,00	15	1,280	90,910	0,00346
1000,00	16	0,700	92,190	0,00117
1600,00	17	0,680	92,890	0,00076
2500,00	18	0,520	93,570	0,00035
4000,00	19	0,980	94,090	0,00043
6300,00	20	1,190	95,070	0,00032
10000,00	21	3,740	96,260	
14000,00	22			
25000,00	23			



LA MOLETTE - 07/08/1989

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS (sans ultrasons)

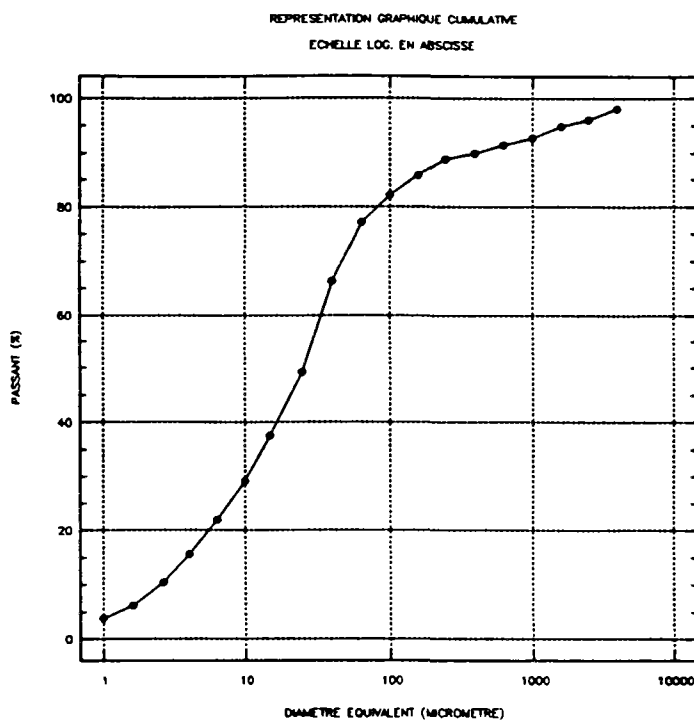
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	1,610	2,360	2,68333
1,60	2	2,940	3,970	2,94000
2,60	3	4,060	6,910	2,90000
4,00	4	5,840	10,970	2,53913
6,30	5	8,100	16,810	2,18919
10,00	6	10,220	24,910	2,04400
15,00	7	14,700	35,130	1,47000
25,00	8	18,170	49,830	1,21133
40,00	9	9,720	68,000	0,42261
63,00	10	4,440	77,720	0,12000
100,00	11	3,710	82,160	0,06183
160,00	12	3,000	85,870	0,03333
250,00	13	1,110	88,870	0,00740
400,00	14	1,550	89,980	0,00674
630,00	15	1,280	91,530	0,00346
1000,00	16	2,080	92,810	0,00347
1600,00	17	1,250	94,890	0,00139
2500,00	18	1,950	96,140	0,00130
4000,00	19	1,910	98,090	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



LA MOLETTE - 07/08/1989

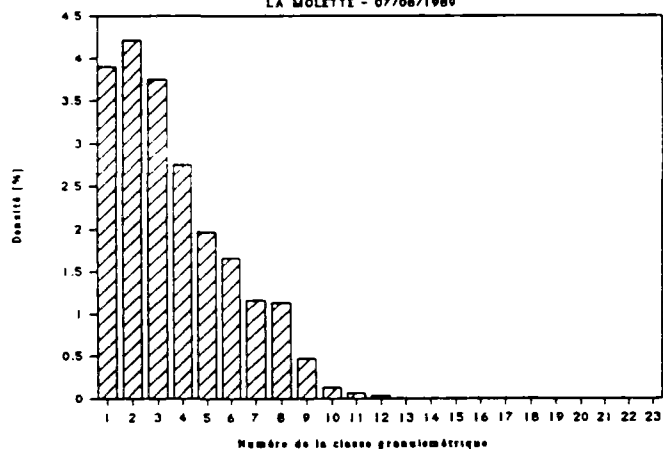
Moyen de mesure : TAMIS + CILAS (avec ultrasons)

Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	2,340	3,780	3,90000
1,60	2	4,210	6,120	4,21000
2,60	3	5,260	10,330	3,75714
4,00	4	6,340	15,590	2,75652
6,30	5	7,300	21,930	1,97297
10,00	6	8,320	29,230	1,66400
15,00	7	11,680	37,550	1,16800
25,00	8	17,040	49,230	1,13600
40,00	9	10,820	66,270	0,47043
63,00	10	5,050	77,090	0,13649
100,00	11	3,750	82,140	0,06250
160,00	12	2,980	85,890	0,03311
250,00	13	1,110	88,870	0,00740
400,00	14	1,550	89,980	0,00674
630,00	15	1,280	91,530	0,00346
1000,00	16	2,080	92,810	0,00347
1600,00	17	1,250	94,890	0,00139
2500,00	18	1,950	96,140	0,00130
4000,00	19	1,910	98,090	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



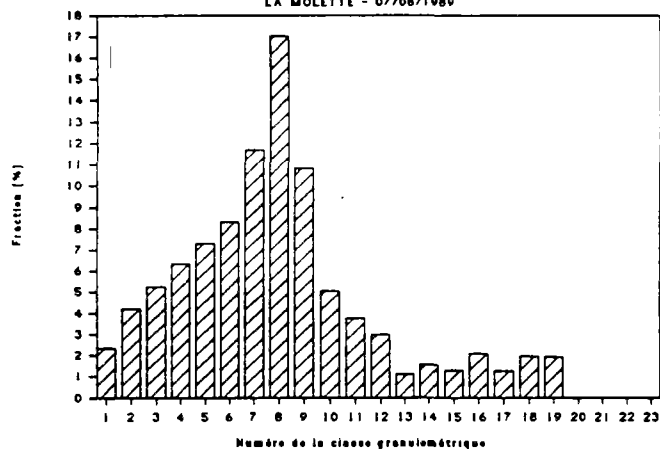
Histogramme en densité de distribution

LA MOLETTE - 07/08/1989



Histogramme de la fraction en masse

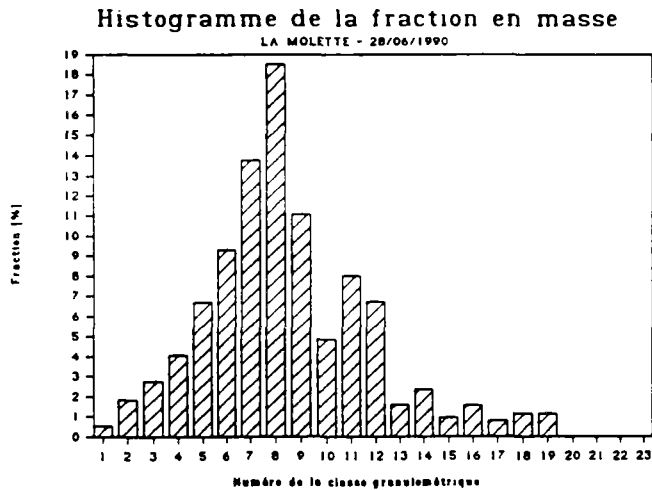
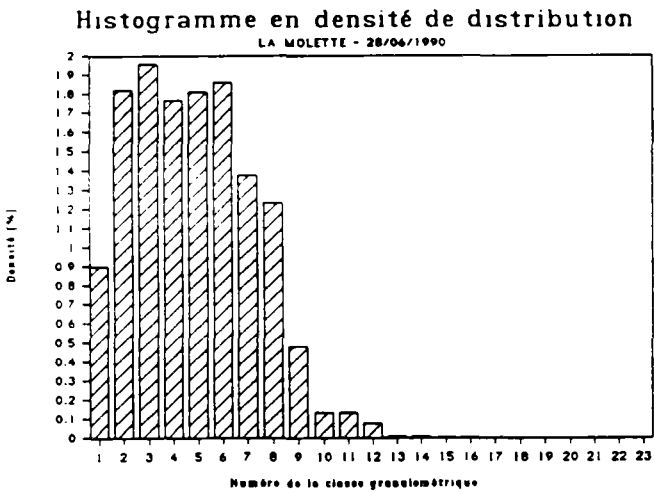
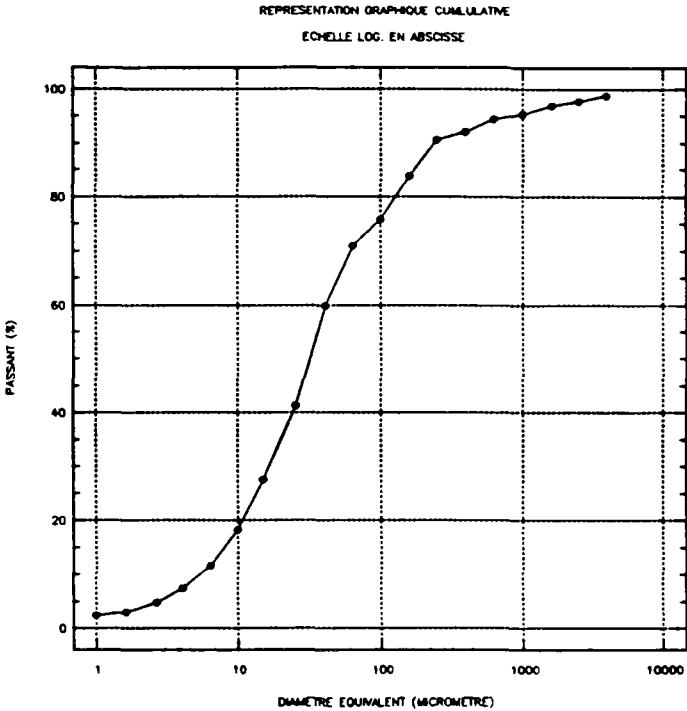
LA MOLETTE - 07/08/1989



LA MOLETTE - 28/06/1990

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS (sans ultrasons)

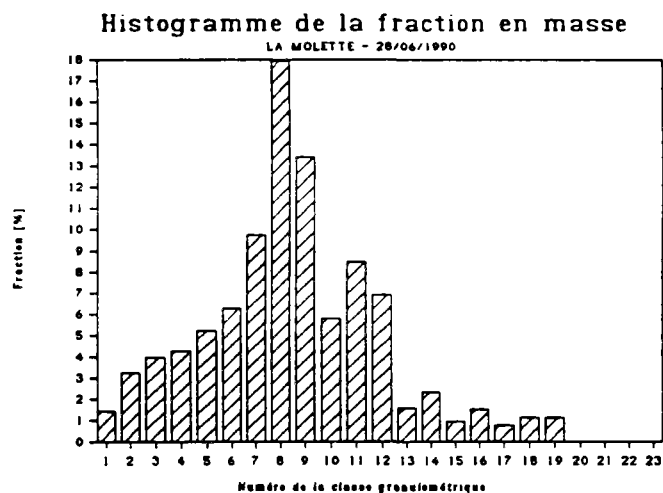
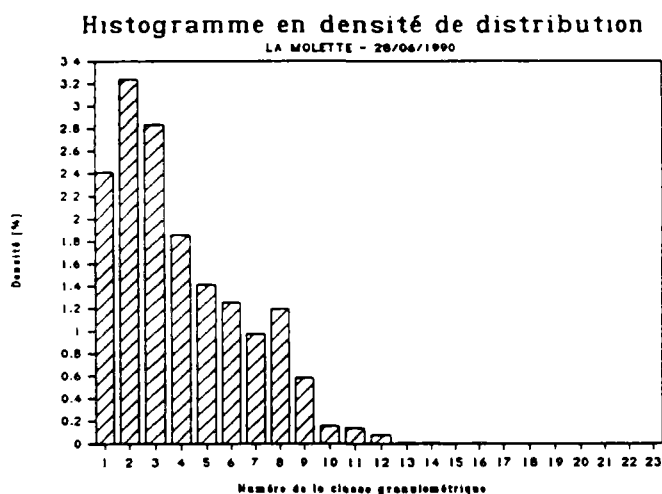
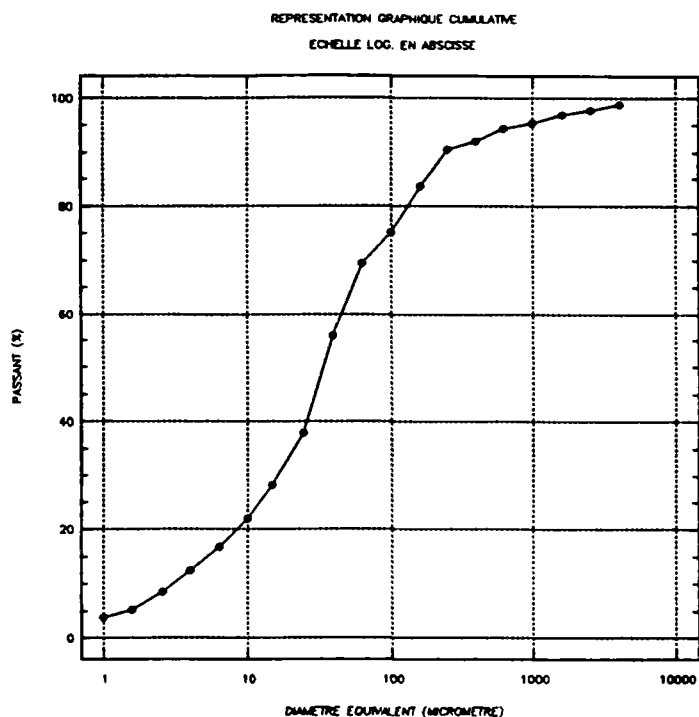
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,540	2,380	0,90000
1,60	2	1,820	2,920	1,82000
2,60	3	2,740	4,740	1,95714
4,00	4	4,060	7,480	1,76522
6,30	5	6,690	11,540	1,80811
10,00	6	9,300	18,230	1,86000
15,00	7	13,780	27,530	1,37800
25,00	8	18,530	41,310	1,23533
40,00	9	11,080	59,840	0,48174
63,00	10	4,870	70,920	0,13162
100,00	11	8,000	75,790	0,13333
160,00	12	6,740	83,790	0,07489
250,00	13	1,590	90,530	0,01060
400,00	14	2,340	92,120	0,01017
630,00	15	0,950	94,460	0,00257
1000,00	16	1,540	95,410	0,00257
1600,00	17	0,780	96,950	0,00087
2500,00	18	1,130	97,730	0,00075
4000,00	19	1,140	98,860	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



LA MOLETTE - 28/06/1990

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS (avec ultrasons)

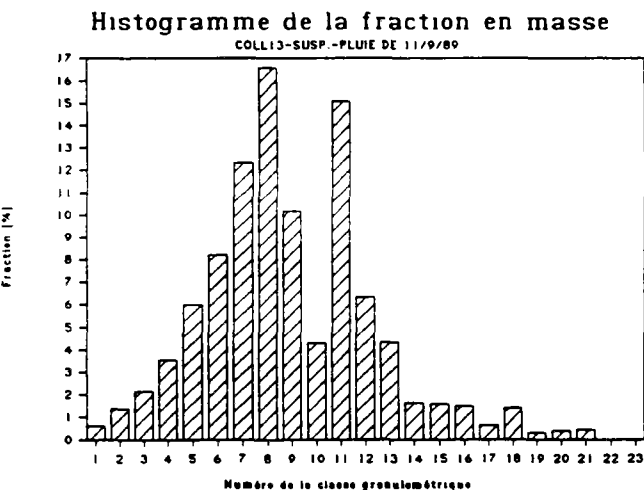
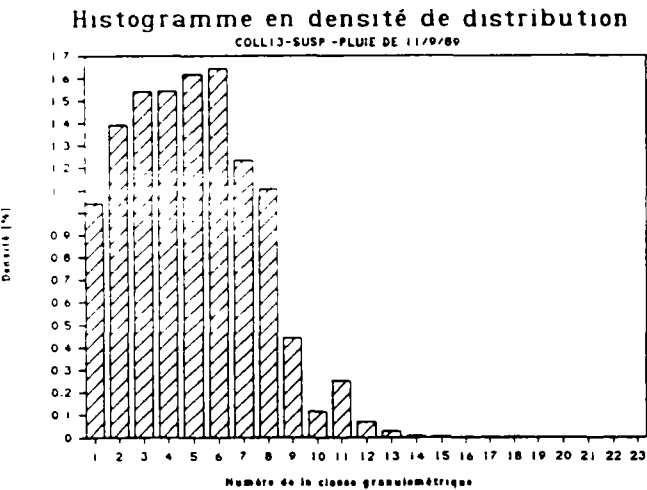
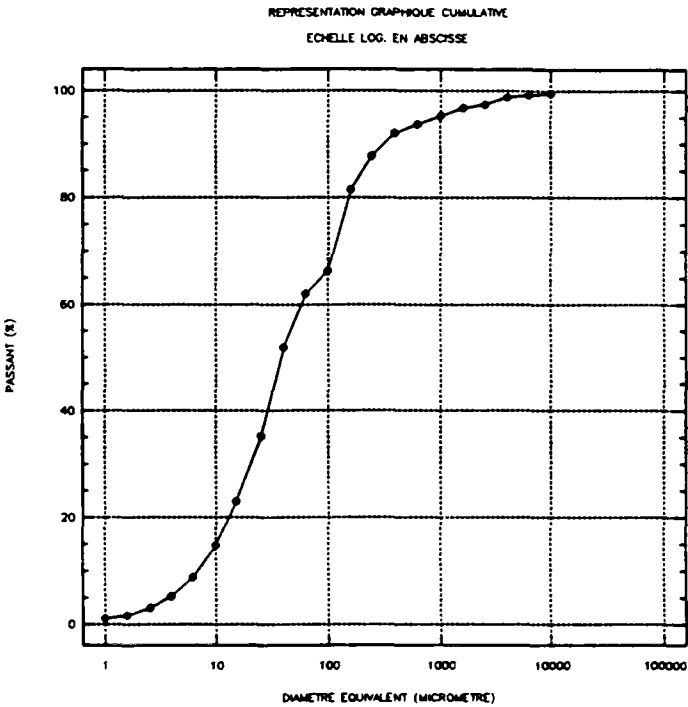
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	1,450	3,760	2,41667
1,60	2	3,240	5,210	3,24000
2,60	3	3,970	8,450	2,83571
4,00	4	4,280	12,420	1,86087
6,30	5	5,240	16,700	1,41622
10,00	6	6,280	21,940	1,25600
15,00	7	9,750	28,220	0,97500
25,00	8	17,930	37,970	1,19533
40,00	9	13,430	55,900	0,58391
63,00	10	5,810	69,330	0,15703
100,00	11	8,470	75,140	0,14117
160,00	12	6,920	83,610	0,07689
250,00	13	1,600	90,530	0,01067
400,00	14	2,340	92,130	0,01017
630,00	15	0,950	94,470	0,00257
1000,00	16	1,540	95,420	0,00257
1600,00	17	0,770	96,960	0,00086
2500,00	18	1,140	97,730	0,00076
4000,00	19	1,130	98,870	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



COLL13-SUSP.-PLUIE DE 11/9/89

Moyen de mesure : TAMIS+CILAS(SANS ULTRASON)

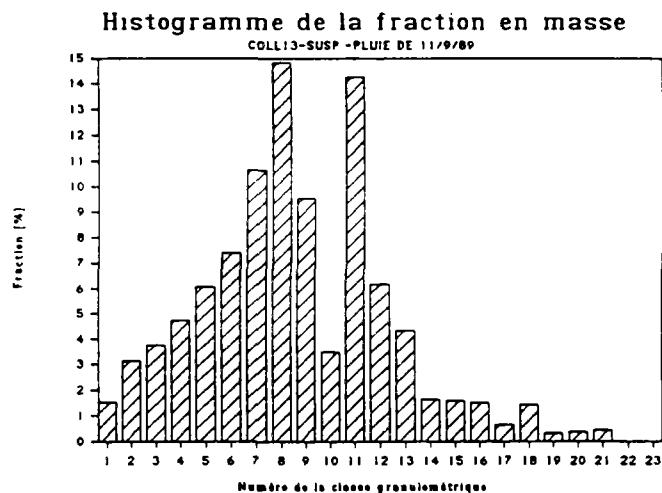
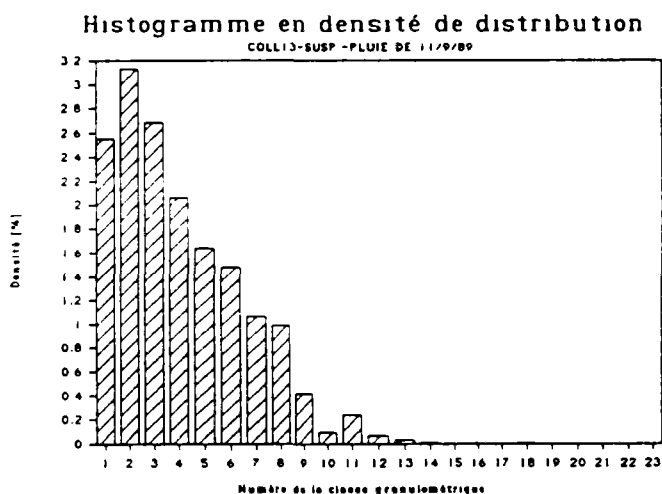
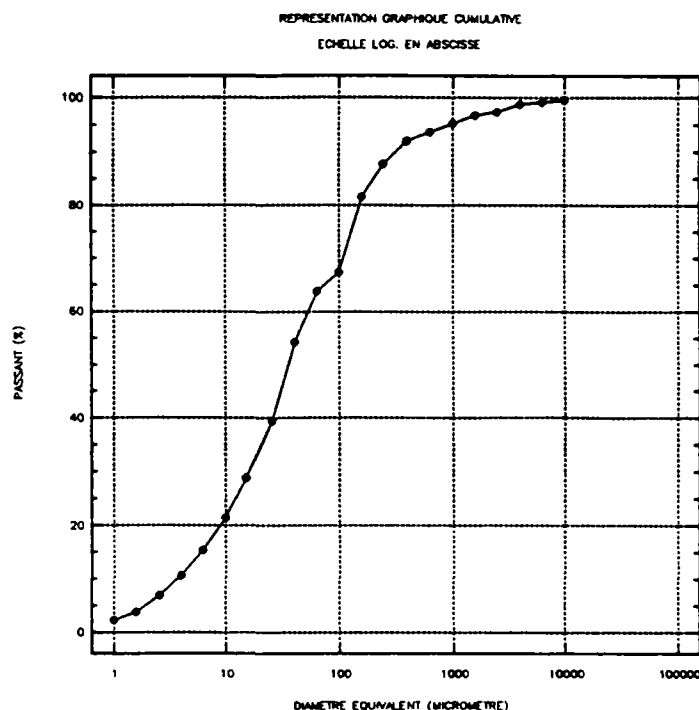
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,626	1,044	1,04415
1,60	2	1,392	1,671	1,39220
2,60	3	2,158	3,063	1,54136
4,00	4	3,550	5,221	1,54353
6,30	5	5,986	8,771	1,61796
10,00	6	8,214	14,757	1,64280
15,00	7	12,321	22,971	1,23210
25,00	8	16,567	35,292	1,10448
40,00	9	10,163	51,859	0,44187
63,00	10	4,320	62,023	0,11676
100,00	11	15,079	66,343	0,25131
160,00	12	6,323	81,421	0,07026
250,00	13	4,339	87,744	0,02893
400,00	14	1,630	92,084	0,00709
630,00	15	1,573	93,714	0,00425
1000,00	16	1,499	95,286	0,00250
1600,00	17	0,653	96,785	0,00073
2500,00	18	1,422	97,438	0,00095
4000,00	19	0,319	98,860	0,00014
6300,00	20	0,381	99,179	0,00010
10000,00	21	0,441	99,560	
14000,00	22			
25000,00	23			



COLL13-SUSP.-PLUIE DE 11/9/89

Moyen de mesure : TAMIS+CILAS(6MIN. ULTRASONS)

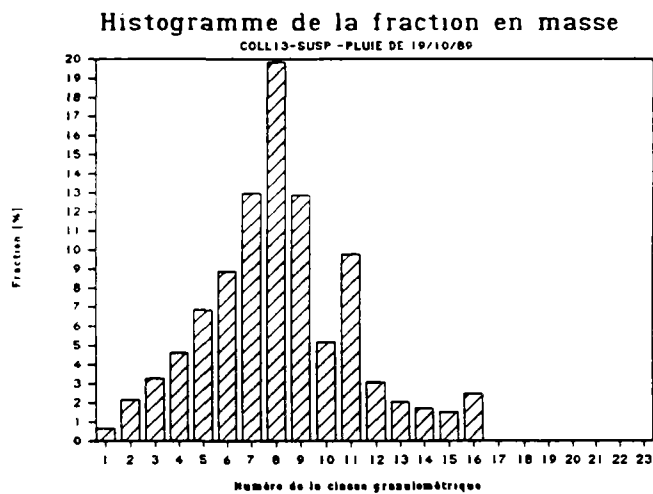
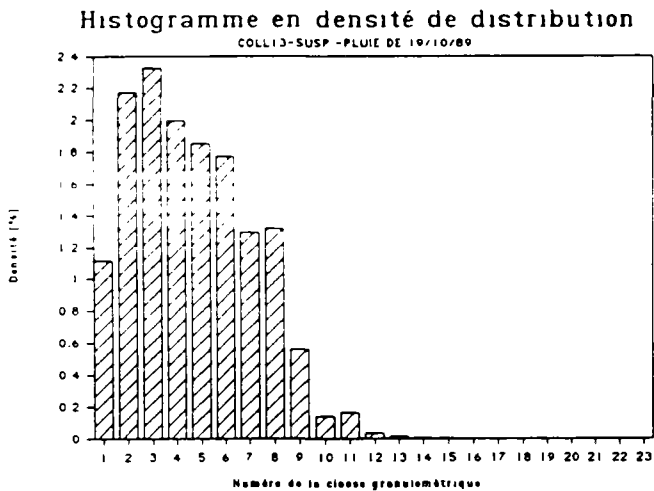
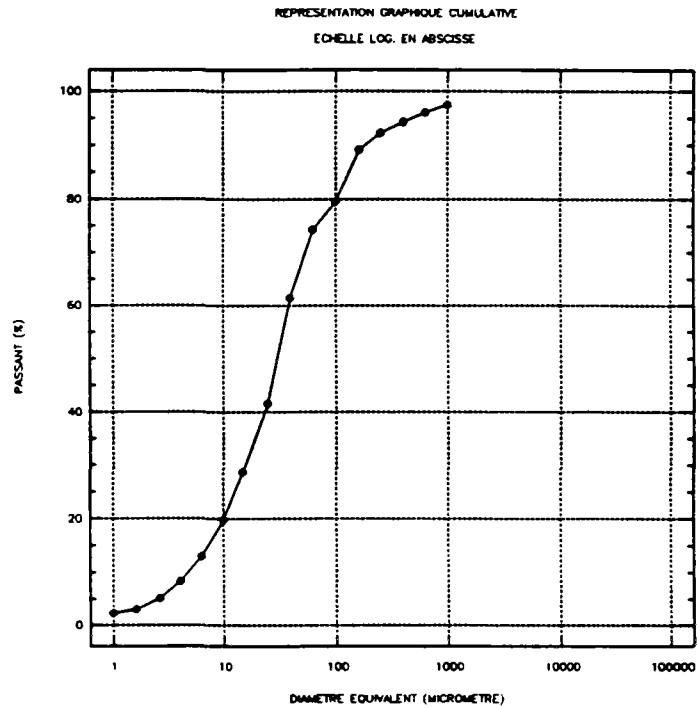
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	1,531	2,228	2,55237
1,60	2	3,132	3,759	3,13245
2,60	3	3,759	6,891	2,68496
4,00	4	4,733	10,650	2,05803
6,30	5	6,056	15,384	1,63678
10,00	6	7,379	21,440	1,47573
15,00	7	10,650	28,819	1,06503
25,00	8	14,827	39,469	0,98846
40,00	9	9,537	54,296	0,41463
63,00	10	3,480	63,832	0,09405
100,00	11	14,260	67,312	0,23767
160,00	12	6,166	81,573	0,06851
250,00	13	4,339	87,739	0,02893
400,00	14	1,630	92,078	0,00709
630,00	15	1,573	93,708	0,00425
1000,00	16	1,499	95,280	0,00250
1600,00	17	0,653	96,779	0,00073
2500,00	18	1,422	97,432	0,00095
4000,00	19	0,319	98,854	0,00014
6300,00	20	0,381	99,173	0,00010
10000,00	21	0,441	99,554	
14000,00	22			
25000,00	23			



COLL13-SUSP.-PLUIE DE 19/10/89

Moyen de mesure : TAMIS+CILAS(SANS ULTRASON)

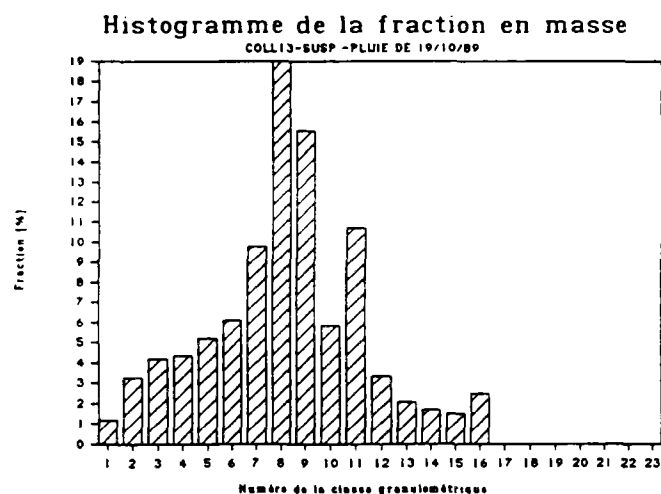
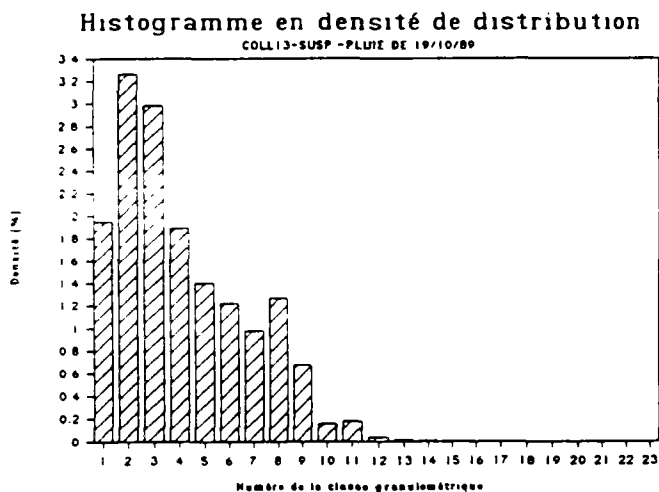
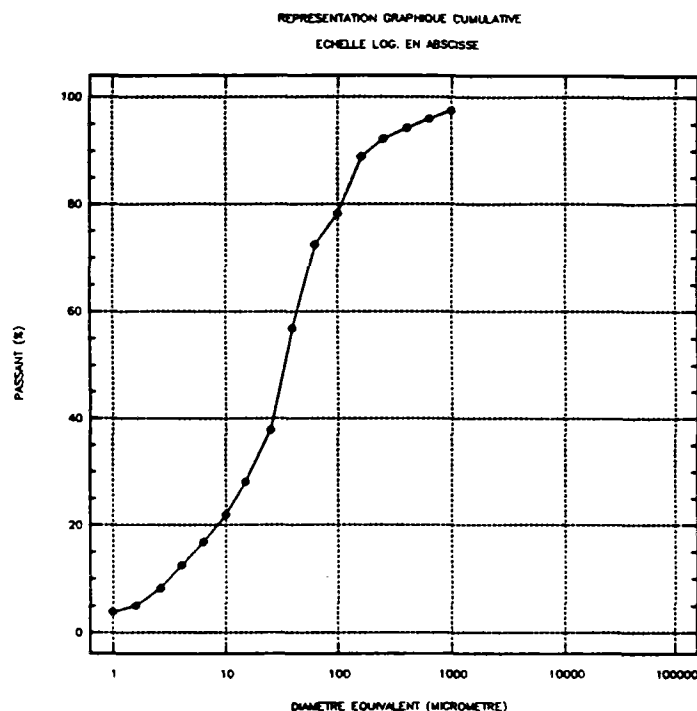
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,669	2,257	1,11453
1,60	2	2,173	2,926	2,17334
2,60	3	3,260	5,099	2,32858
4,00	4	4,597	8,359	1,99889
6,30	5	6,854	12,956	1,85254
10,00	6	8,861	19,811	1,77211
15,00	7	12,956	28,671	1,29565
25,00	8	19,811	41,628	1,32072
40,00	9	12,873	61,439	0,55969
63,00	10	5,180	74,312	0,14000
100,00	11	9,738	79,492	0,16231
160,00	12	3,069	89,230	0,03410
250,00	13	2,049	92,299	0,01366
400,00	14	1,688	94,348	0,00734
630,00	15	1,493	96,036	0,00404
1000,00	16	2,467	97,529	
1600,00	17			
2500,00	18			
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



COLL13-SUSP.-PLUIE DE 19/10/89

Moyen de mesure : TAMIS+CILAS(5MIN. ULTRASON)

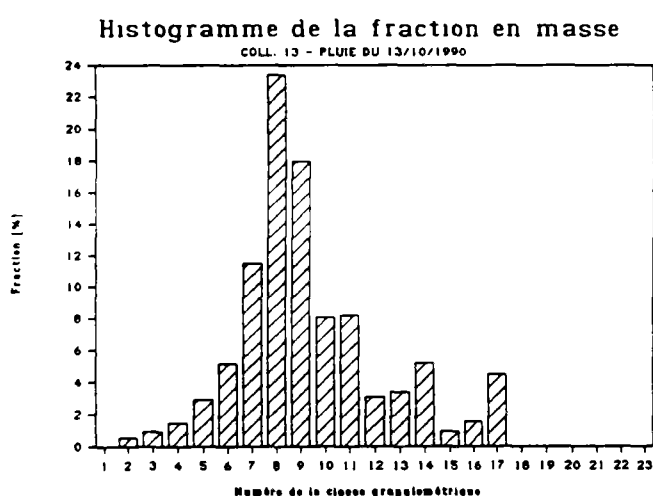
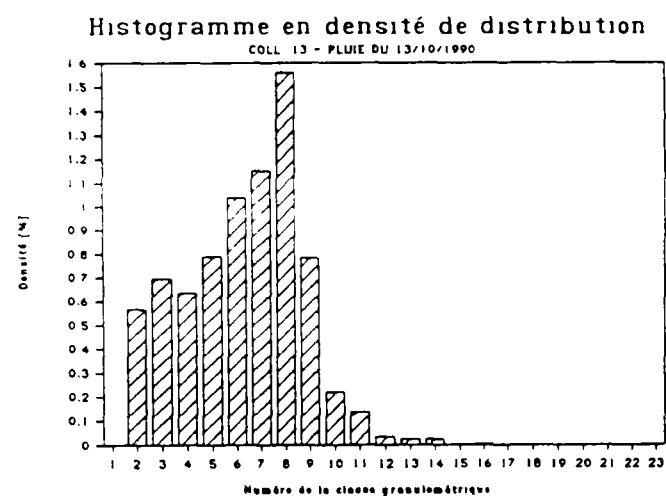
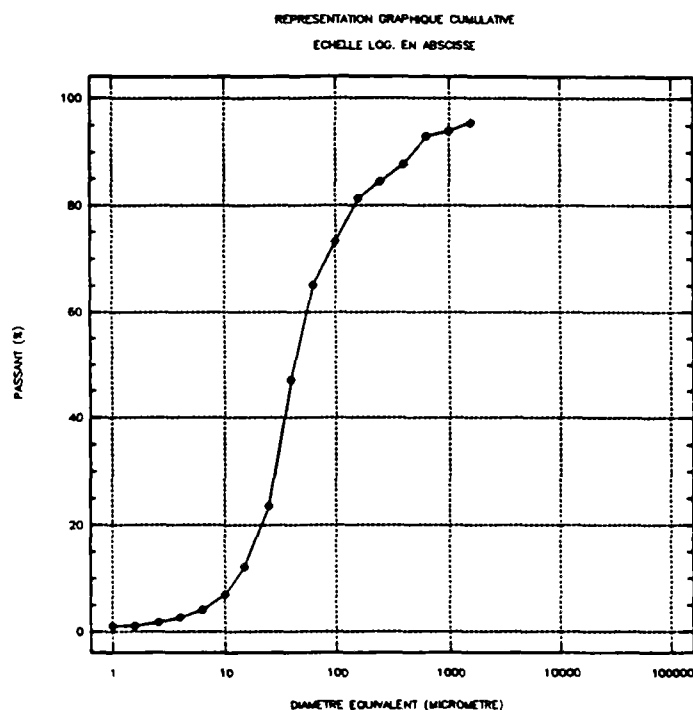
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	1,170	3,845	1,95043
1,60	2	3,260	5,015	3,26001
2,60	3	4,179	8,275	2,98536
4,00	4	4,347	12,455	1,88986
6,30	5	5,183	16,802	1,40070
10,00	6	6,102	21,984	1,22041
15,00	7	9,780	28,086	0,97800
25,00	8	18,975	37,866	1,26500
40,00	9	15,548	56,841	0,67599
63,00	10	5,850	72,389	0,15811
100,00	11	10,708	78,239	0,17847
160,00	12	3,332	88,947	0,03702
250,00	13	2,049	92,279	0,01366
400,00	14	1,688	94,328	0,00734
630,00	15	1,493	96,016	0,00404
1000,00	16	2,467	97,510	
1600,00	17			
2500,00	18			
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



COLL. 13 - PLUIE DU 13/10/1990

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS(0MIN. D'ULTRASONS)

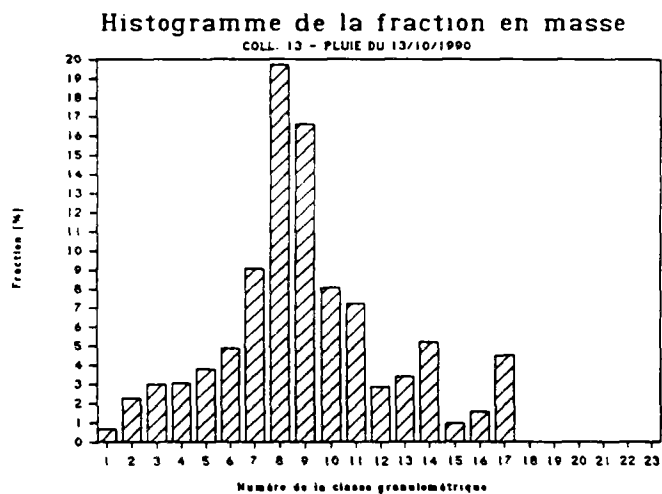
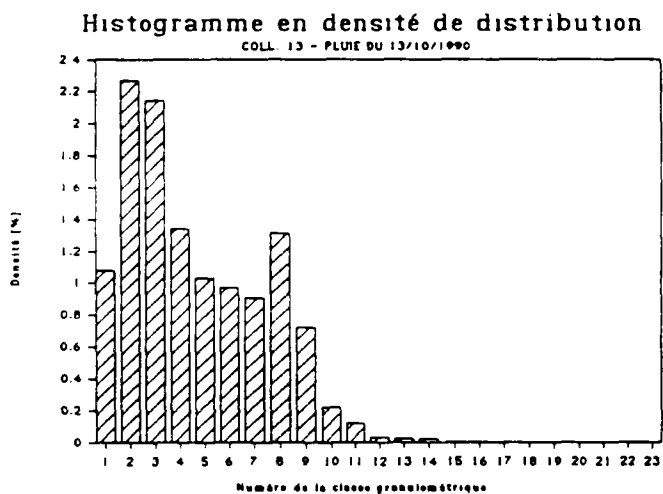
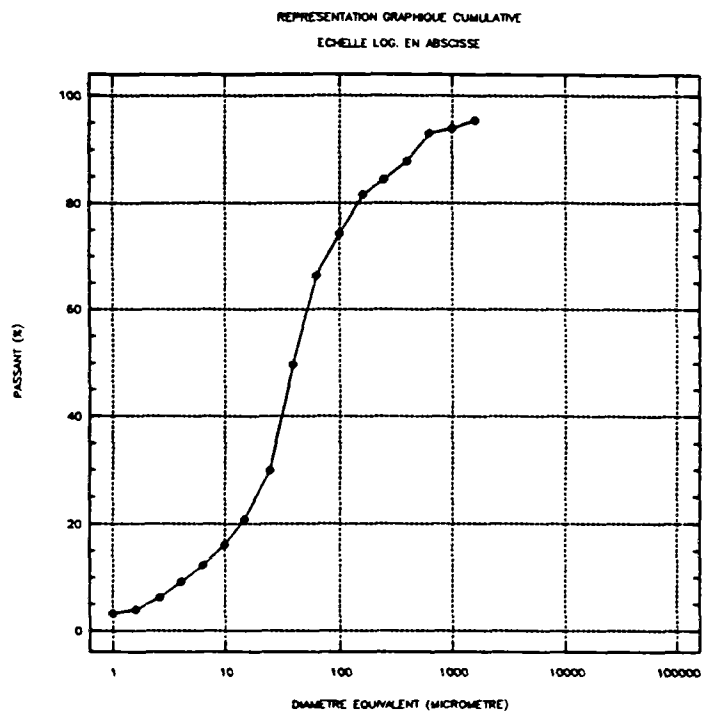
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,000	1,053	0,00000
1,60	2	0,567	1,053	0,56700
2,60	3	0,972	1,620	0,69429
4,00	4	1,458	2,592	0,63391
6,30	5	2,916	4,050	0,78811
10,00	6	5,184	6,966	1,03680
15,00	7	11,502	12,150	1,15020
25,00	8	23,409	23,652	1,56060
40,00	9	17,982	47,061	0,78183
63,00	10	8,108	65,043	0,21914
100,00	11	8,195	73,151	0,13658
160,00	12	3,055	81,346	0,03394
250,00	13	3,400	84,401	0,02267
400,00	14	5,200	87,801	0,02261
630,00	15	0,950	93,001	0,00257
1000,00	16	1,550	93,951	0,00258
1600,00	17	4,500	95,501	
2500,00	18			
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



COLL. 13 - PLUIE DU 13/10/1990

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS(4MIN. D'ULTRASONS)

Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,648	3,240	1,08000
1,60	2	2,268	3,888	2,26800
2,60	3	2,997	6,156	2,14071
4,00	4	3,078	9,153	1,33826
6,30	5	3,807	12,231	1,02892
10,00	6	4,860	16,038	0,97200
15,00	7	9,072	20,898	0,90720
25,00	8	19,683	29,970	1,31220
40,00	9	16,605	49,653	0,72196
63,00	10	8,068	66,258	0,21804
100,00	11	7,198	74,326	0,11997
160,00	12	2,876	81,524	0,03196
250,00	13	3,400	84,400	0,02267
400,00	14	5,200	87,800	0,02261
630,00	15	0,950	93,000	0,00257
1000,00	16	1,550	93,950	0,00258
1600,00	17	4,500	95,500	
2500,00	18			
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



ANNEXES C 1.2

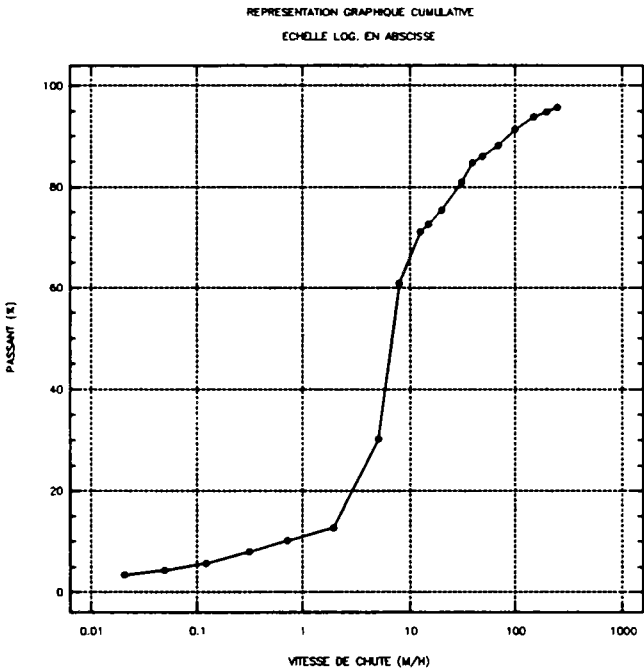
Vitesses de chute des solides des rejets pluviaux urbains

BEQUIGNEAUX – 1/12/1988

Classe granulométrique : ECHANTILLON MOYEN

Remarque importante : VALEURS RECONSTITUEES

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,021	!	3,440	!	0,950
0,050	!	4,390	!	1,370
0,120	!	5,760	!	2,230
0,310	!	7,990	!	2,210
0,710	!	10,200	!	2,490
1,960	!	12,690	!	17,590
5,030	!	30,280	!	30,580
7,860	!	60,860	!	10,260
12,470	!	71,120	!	1,430
15,000	!	72,550	!	2,820
20,000	!	75,370	!	5,570
31,420	!	80,940	!	3,860
40,000	!	84,800	!	1,230
50,000	!	86,030	!	2,180
70,000	!	88,210	!	3,110
100,000	!	91,320	!	2,470
150,000	!	93,790	!	1,050
200,000	!	94,840	!	0,850
250,000	!	95,690	!	4,310



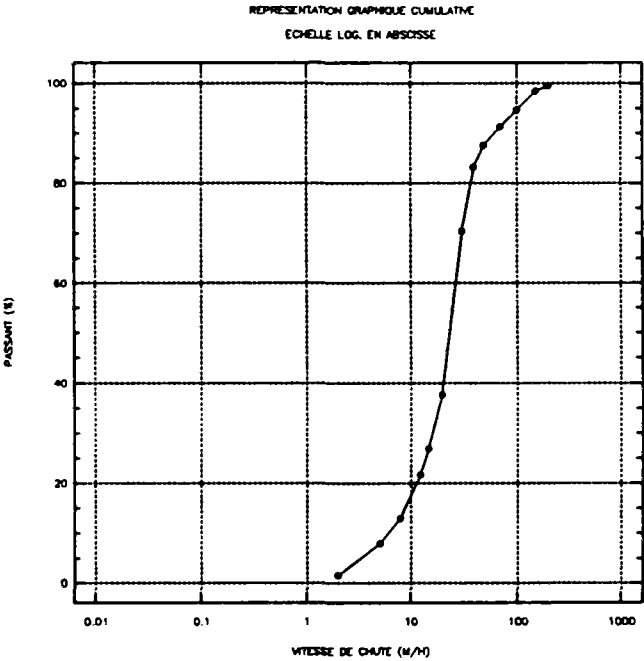
Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN

BEQUIGNEAUX – 2-4/12/1988

Classe granulométrique : > 50 µm

Appareil de mesure : COLONNE DE SEDIMENTATION

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
1,960	!	1,580	!	6,350
5,030	!	7,930	!	4,970
7,860	!	12,900	!	8,700
12,470	!	21,600	!	5,350
15,000	!	26,950	!	10,720
20,000	!	37,670	!	32,740
31,420	!	70,410	!	12,750
40,000	!	83,160	!	4,440
50,000	!	87,600	!	3,620
70,000	!	91,220	!	3,460
100,000	!	94,680	!	3,690
150,000	!	98,370	!	1,020
200,000	!	99,390	!	0,610
	!		!	
	!		!	
	!		!	
	!		!	
	!		!	

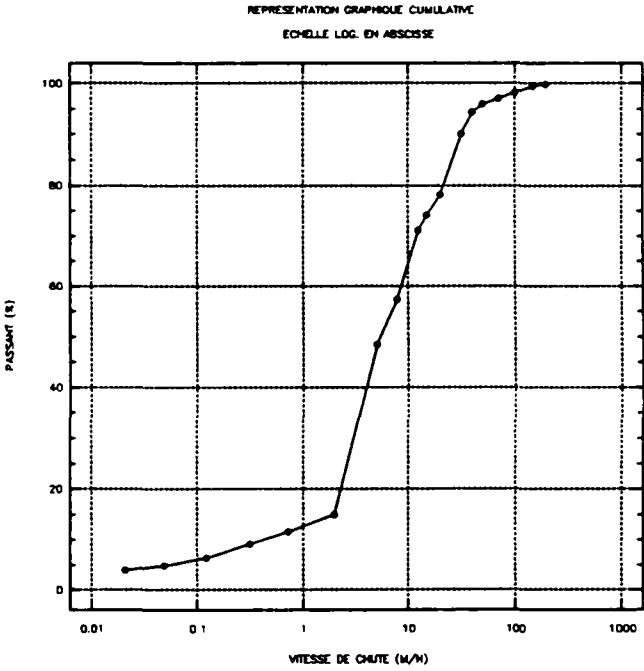


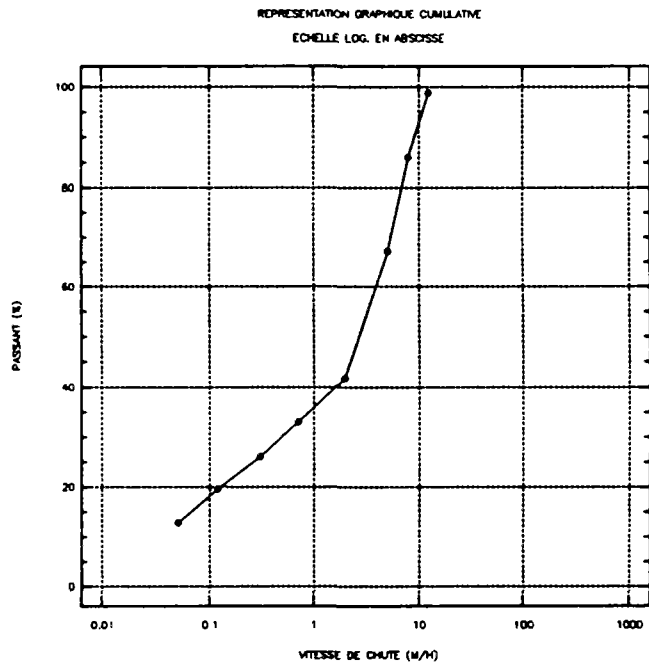
BEQUIGNEAUX – 2-4/12/1988

Classe granulométrique : ECHANTILLON MOYEN

Remarque importante : VALEURS RECONSTITUEES

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,021	4,000	0,790
0,050	4,790	1,610
0,120	6,400	2,760
0,310	9,160	2,340
0,710	11,500	3,440
1,960	14,940	33,470
5,030	48,410	8,940
7,860	57,350	13,790
12,470	71,140	3,000
15,000	74,140	4,030
20,000	78,170	11,870
31,420	90,040	4,290
40,000	94,330	1,500
50,000	95,830	1,210
70,000	97,040	1,170
100,000	98,210	1,240
150,000	99,450	0,340
200,000	99,790	0,210



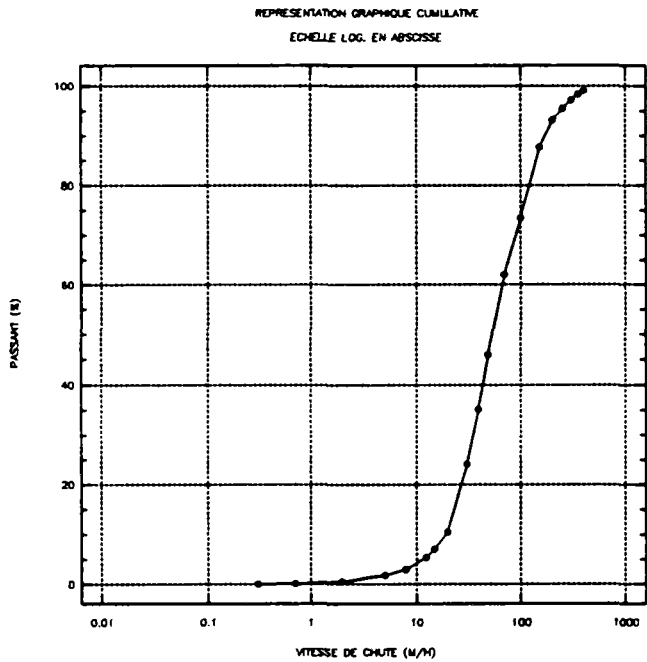
Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN[illegible]

BEQUIGNEAUX – 19/10/1989

Classe granulométrique : > 50 µm

Appareil de mesure : COLONNE DE SEDIMENTATION

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,310	!	0,042	!	0,052
0,710	!	0,094	!	0,436
1,960	!	0,530	!	1,220
5,030	!	1,750	!	1,190
7,860	!	2,940	!	2,410
12,470	!	5,350	!	1,720
15,000	!	7,070	!	3,400
20,000	!	10,470	!	13,570
31,420	!	24,040	!	11,080
40,000	!	35,120	!	10,840
50,000	!	45,960	!	16,110
70,000	!	62,070	!	11,360
100,000	!	73,430	!	14,220
150,000	!	87,650	!	5,590
200,000	!	93,240	!	2,250
250,000	!	95,490	!	1,690
300,000	!	97,180	!	1,180
350,000	!	98,360	!	0,760
400,000	!	99,120	!	0,880

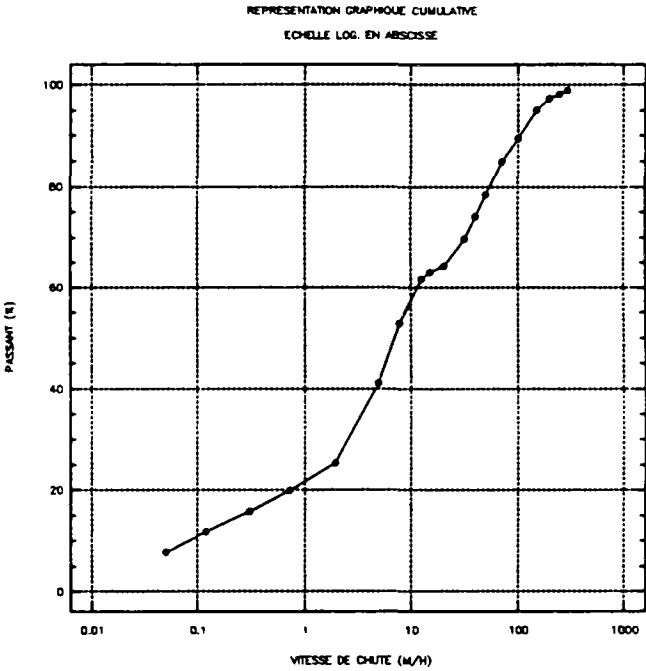


BEQUIGNEAUX – 19/10/1989

Classe granulométrique : ECHANTILLON MOYEN

Remarque importante : VALEURS RECONSTITUEES

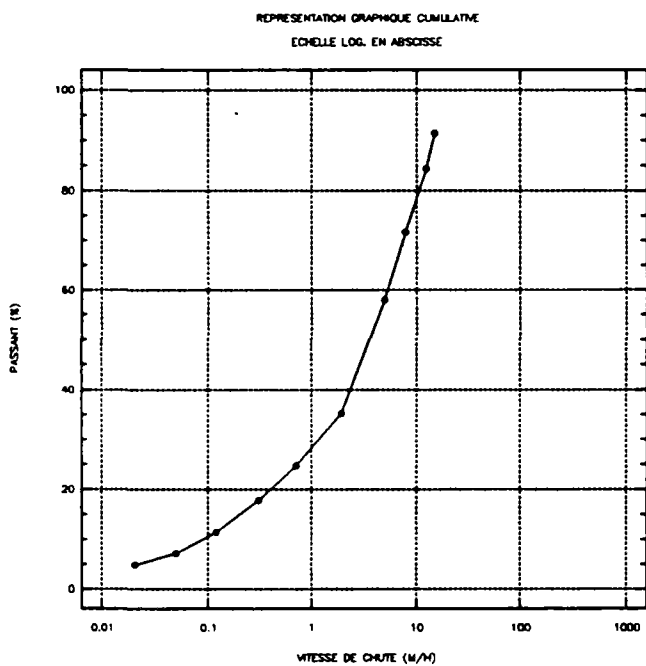
Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,050	!	7,740	!	4,050
0,120	!	11,790	!	3,880
0,310	!	15,670	!	4,230
0,710	!	19,900	!	5,390
1,960	!	25,290	!	15,850
5,030	!	41,140	!	11,770
7,860	!	52,910	!	8,660
12,470	!	61,570	!	1,380
15,000	!	62,950	!	1,350
20,000	!	64,300	!	5,410
31,420	!	69,710	!	4,420
40,000	!	74,130	!	4,320
50,000	!	78,450	!	6,430
70,000	!	84,880	!	4,530
100,000	!	89,410	!	5,670
150,000	!	95,080	!	2,220
200,000	!	97,300	!	0,900
250,000	!	98,200	!	0,680
300,000	!	98,880	!	1,120



LES BROUILLARDS - 5/12/1989

Classe granulométrique : $< 50 \mu\text{m}$

Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN

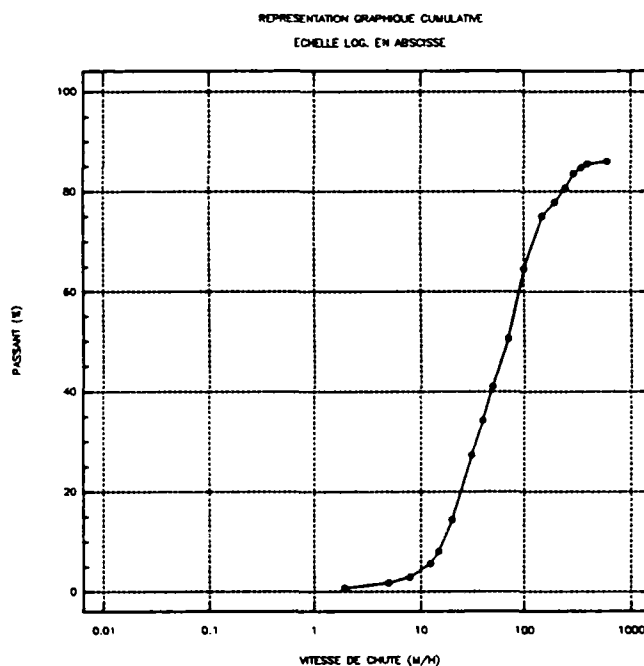
[illegible]

LES BROUILLARDS – 5/12/1989

Classe granulométrique : $> 50 \mu\text{m}$

Appareil de mesure : COLONNE DE SEDIMENTATION

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
1,960	!	0,770	!	1,050
5,030	!	1,820	!	1,100
7,860	!	2,920	!	2,700
12,470	!	5,620	!	2,440
15,000	!	8,060	!	6,280
20,000	!	14,340	!	12,960
31,420	!	27,300	!	6,840
40,000	!	34,140	!	6,880
50,000	!	41,020	!	9,500
70,000	!	50,520	!	14,120
100,000	!	64,640	!	10,320
150,000	!	74,960	!	2,860
200,000	!	77,820	!	2,860
250,000	!	80,680	!	2,850
300,000	!	83,530	!	1,260
350,000	!	84,790	!	0,740
400,000	!	85,530	!	0,530
600,000	!	86,060	!	13,940
	!		!	

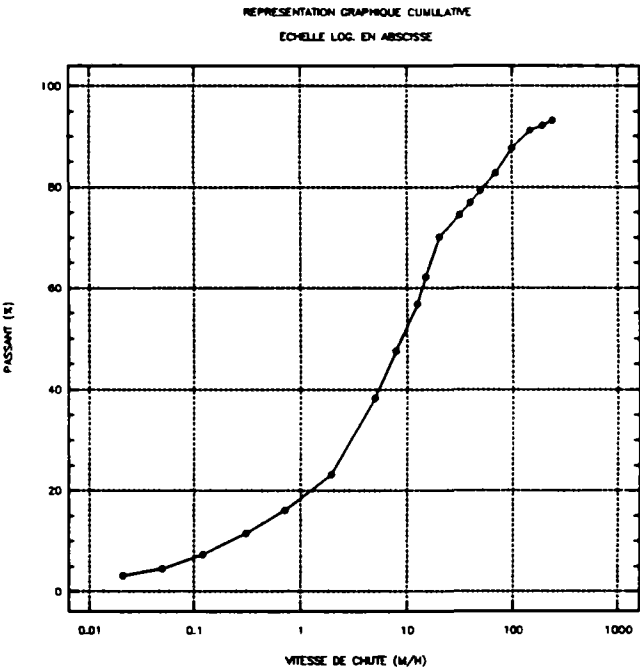


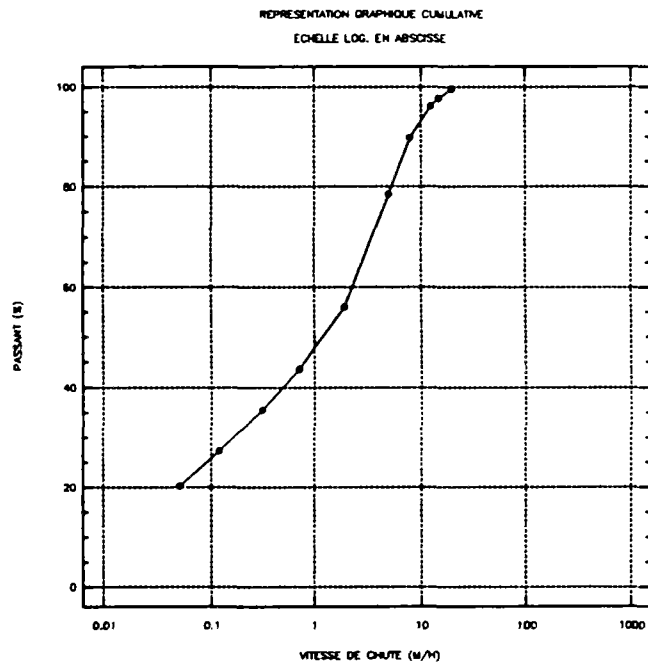
LES BROUILLARDS – 5/12/1989

Classe granulométrique : ECHANTILLON MOYEN

Remarque importante : VALEURS RECONSTITUEES

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,021	!	3,190	!	1,440
0,050	!	4,630	!	2,790
0,120	!	7,420	!	4,130
0,310	!	11,550	!	4,490
0,710	!	16,040	!	7,100
1,960	!	23,140	!	15,200
5,030	!	38,340	!	9,260
7,860	!	47,600	!	9,230
12,470	!	56,830	!	5,400
15,000	!	62,230	!	7,790
20,000	!	70,020	!	4,530
31,420	!	74,550	!	2,400
40,000	!	76,950	!	2,410
50,000	!	79,360	!	3,320
70,000	!	82,680	!	4,940
100,000	!	87,620	!	3,620
150,000	!	91,240	!	1,000
200,000	!	92,240	!	1,000
250,000	!	93,240	!	6,760



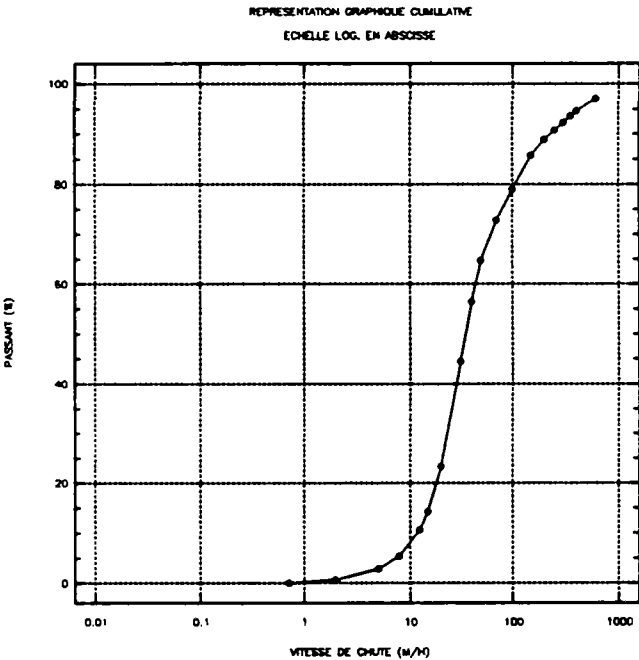
Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN[illegible]

LA MOLETTE – 07/08/1989

Classe granulométrique : > 50 µm

Appareil de mesure : COLONNE DE SEDIMENTATION

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,710	!	0,020	!	0,630
1,960	!	0,650	!	2,230
5,030	!	2,880	!	2,480
7,860	!	5,360	!	5,310
12,470	!	10,670	!	3,540
15,000	!	14,210	!	9,060
20,000	!	23,270	!	21,320
31,420	!	44,590	!	11,840
40,000	!	56,430	!	8,340
50,000	!	64,770	!	8,060
70,000	!	72,830	!	6,110
100,000	!	78,940	!	6,760
150,000	!	85,700	!	3,090
200,000	!	88,790	!	1,990
250,000	!	90,780	!	1,490
300,000	!	92,270	!	1,330
350,000	!	93,600	!	1,040
400,000	!	94,640	!	2,440
600,000	!	97,080	!	2,920

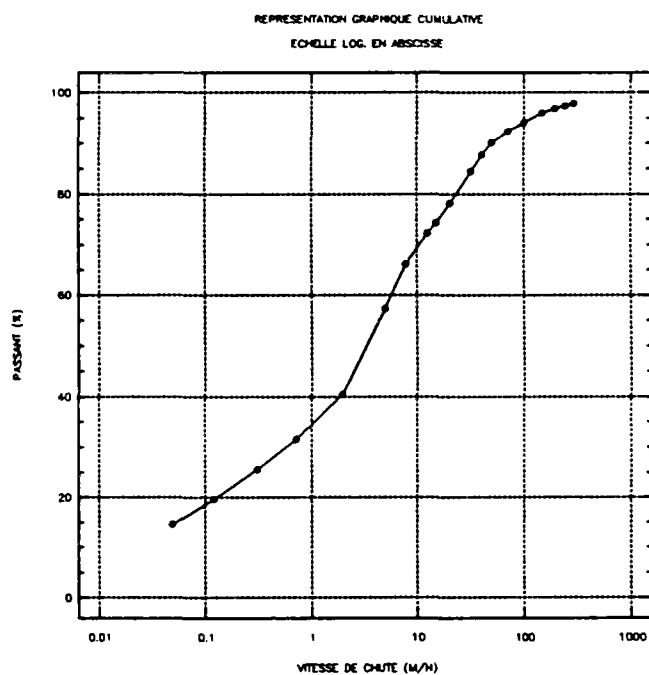


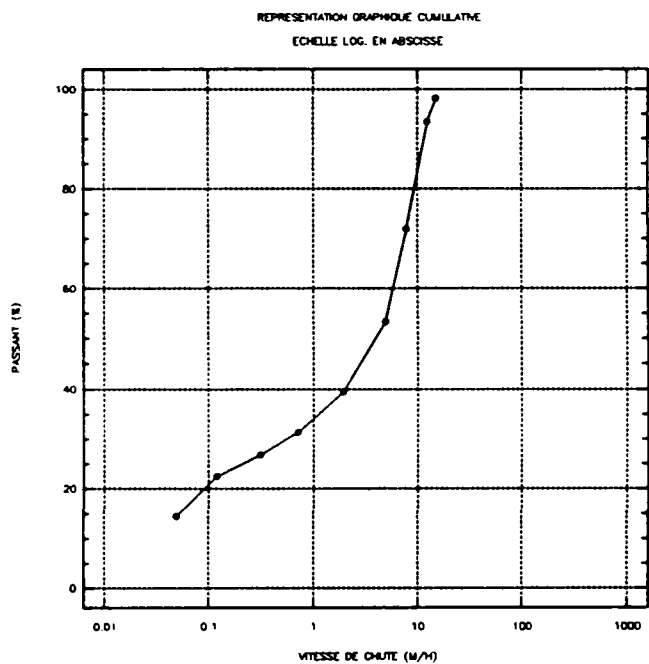
LA MOLETTE – 07/08/1989

Classe granulométrique : ECHANTILLON MOYEN

Remarque importante : VALEURS RECONSTITUEES

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,050	!	14,550	!	5,060
0,120	!	19,610	!	5,940
0,310	!	25,550	!	5,920
0,710	!	31,470	!	9,040
1,960	!	40,510	!	16,820
5,030	!	57,330	!	8,780
7,860	!	66,110	!	6,100
12,470	!	72,210	!	2,090
15,000	!	74,300	!	3,900
20,000	!	78,200	!	6,290
31,420	!	84,490	!	3,310
40,000	!	87,800	!	2,340
50,000	!	90,140	!	2,250
70,000	!	92,390	!	1,710
100,000	!	94,100	!	1,900
150,000	!	96,000	!	0,860
200,000	!	96,860	!	0,560
250,000	!	97,420	!	0,420
300,000	!	97,840	!	2,160



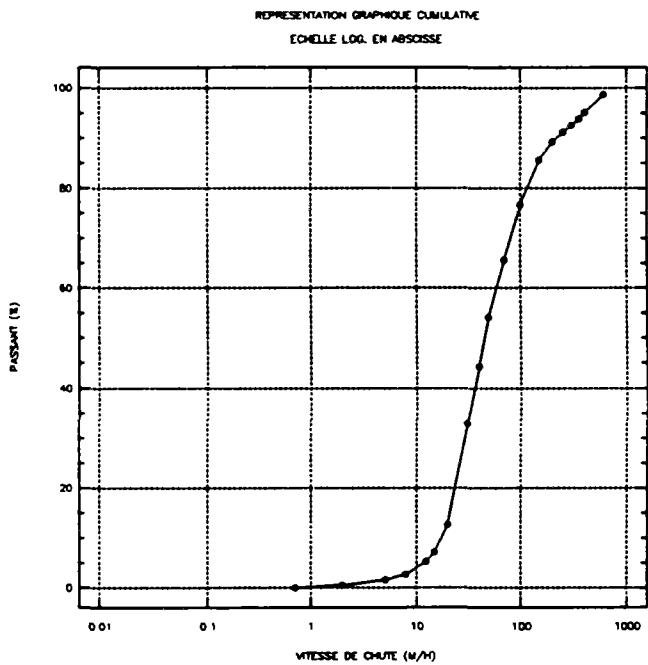
Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN[illegible]

LA MOLETTE – 27/06/1990

Classe granulométrique : > 50 µm

Appareil de mesure : COLONNE DE SEDIMENTATION

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,710	!	0,000	!	0,510
1,960	!	0,510	!	1,020
5,030	!	1,530	!	1,190
7,860	!	2,720	!	2,570
12,470	!	5,290	!	1,920
15,000	!	7,210	!	5,440
20,000	!	12,650	!	20,270
31,420	!	32,920	!	11,320
40,000	!	44,240	!	9,950
50,000	!	54,190	!	11,500
70,000	!	65,690	!	10,990
100,000	!	76,680	!	8,950
150,000	!	85,630	!	3,560
200,000	!	89,190	!	1,920
250,000	!	91,110	!	1,390
300,000	!	92,500	!	1,290
350,000	!	93,790	!	1,300
400,000	!	95,090	!	3,650
600,000	!	98,740	!	1,260

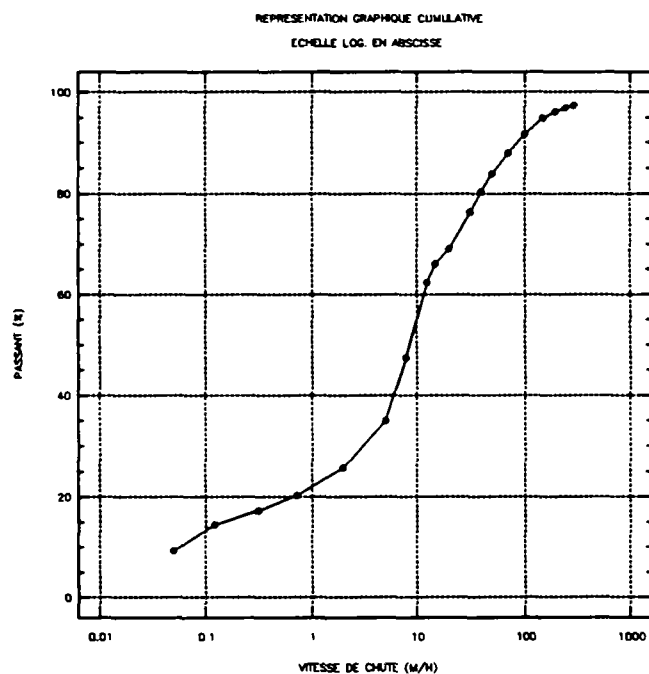


LA MOLETTE – 27/06/1990

Classe granulométrique : ECHANTILLON MOYEN

Remarque importante : VALEURS RECONSTITUEES

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,050	!	9,320	!	5,200
0,120	!	14,520	!	2,740
0,310	!	17,260	!	3,000
0,710	!	20,260	!	5,400
1,960	!	25,660	!	9,420
5,030	!	35,080	!	12,400
7,860	!	47,480	!	14,830
12,470	!	62,310	!	3,700
15,000	!	66,010	!	3,120
20,000	!	69,130	!	7,160
31,420	!	76,290	!	4,000
40,000	!	80,290	!	3,520
50,000	!	83,810	!	4,060
70,000	!	87,870	!	3,890
100,000	!	91,760	!	3,160
150,000	!	94,920	!	1,260
200,000	!	96,180	!	0,680
250,000	!	96,860	!	0,490
300,000	!	97,350	!	2,650

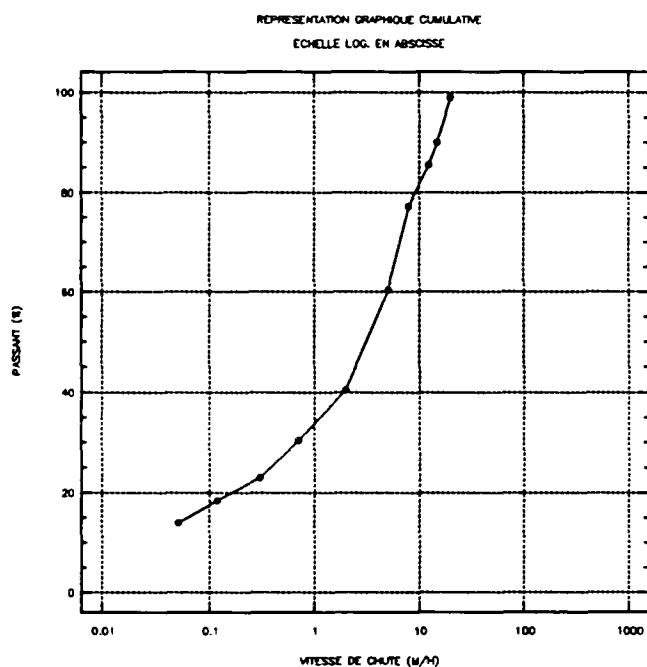


COLLECTEUR 13 – 11/09/1989

Classe granulométrique : < 50 μm

Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,050	!	13,920	!	4,510
0,120	!	18,430	!	4,460
0,310	!	22,890	!	7,420
0,710	!	30,310	!	10,200
1,960	!	40,510	!	19,860
5,030	!	60,370	!	16,800
7,860	!	77,170	!	8,290
12,470	!	85,460	!	4,550
15,000	!	90,010	!	8,980
20,000	!	98,990	!	1,010
	!		!	
	!		!	
	!		!	
	!		!	
	!		!	
	!		!	
	!		!	
	!		!	

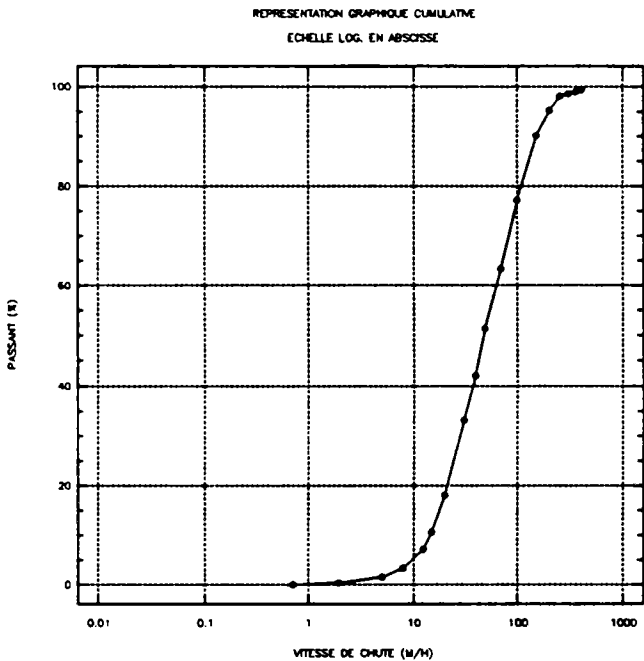


COLLECTEUR 13 – 11/09/1989

Classe granulométrique : > 50 µm

Appareil de mesure : COLONNE DE SEDIMENTATION

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,710	!	0,011	!	0,339
1,960	!	0,350	!	1,220
5,030	!	1,570	!	1,780
7,860	!	3,350	!	3,810
12,470	!	7,160	!	3,420
15,000	!	10,580	!	7,440
20,000	!	18,020	!	15,080
31,420	!	33,100	!	8,890
40,000	!	41,990	!	9,340
50,000	!	51,330	!	12,080
70,000	!	63,410	!	13,830
100,000	!	77,240	!	12,850
150,000	!	90,090	!	5,080
200,000	!	95,170	!	2,940
250,000	!	98,110	!	0,410
300,000	!	98,520	!	0,420
350,000	!	98,940	!	0,420
400,000	!	99,360	!	0,640
	!		!	

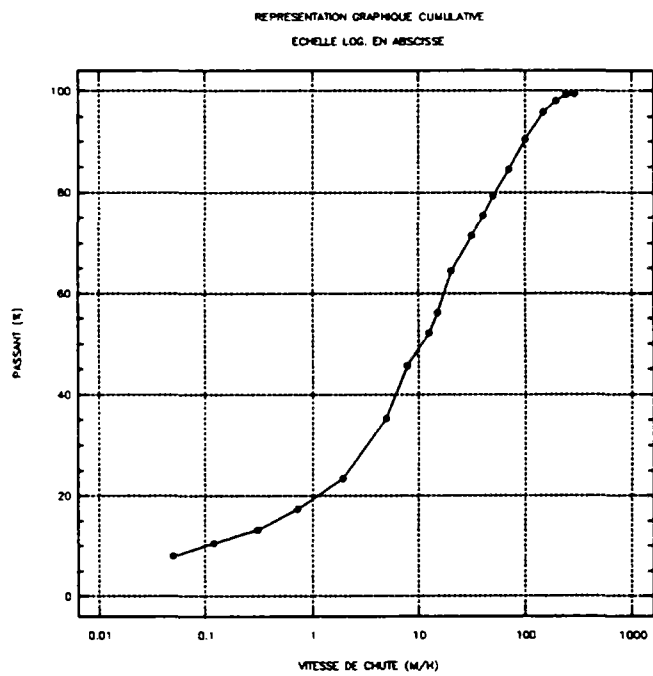


COLLECTEUR 13 – 11/09/1989

Classe granulométrique : ECHANTILLON MOYEN

Remarque importante : VALEURS RECONSTITUEES

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,050	!	7,980	!	2,590
0,120	!	10,570	!	2,560
0,310	!	13,130	!	4,260
0,710	!	17,390	!	6,000
1,960	!	23,390	!	11,910
5,030	!	35,300	!	10,390
7,860	!	45,690	!	6,390
12,470	!	52,080	!	4,070
15,000	!	56,150	!	8,340
20,000	!	64,490	!	7,040
31,420	!	71,530	!	3,800
40,000	!	75,330	!	3,980
50,000	!	79,310	!	5,160
70,000	!	84,470	!	5,920
100,000	!	90,390	!	5,450
150,000	!	95,840	!	2,150
200,000	!	97,990	!	1,250
250,000	!	99,240	!	0,170
300,000	!	99,410	!	0,590

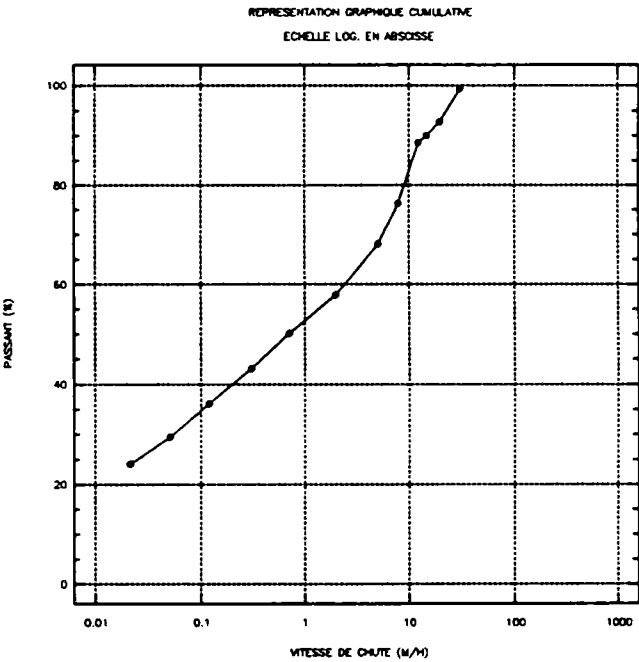


COLLECTEUR 13 – 19/10/1989

Classe granulométrique : < 50 µm

Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN

Vitesse de chute Vi [m/h]		Passant en masse Pi(Vi) [%]		Fraction en masse Fi(Vi,Vi+1) [%]
0,021	!	24,030	!	5,480
0,050	!	29,510	!	6,640
0,120	!	36,150	!	7,000
0,310	!	43,150	!	7,050
0,710	!	50,200	!	7,660
1,960	!	57,860	!	10,230
5,030	!	68,090	!	8,160
7,860	!	76,250	!	12,270
12,470	!	88,520	!	1,430
15,000	!	89,950	!	2,840
20,000	!	92,790	!	6,490
31,420	!	99,280	!	0,720
	!		!	
	!		!	
	!		!	
	!		!	
	!		!	
	!		!	

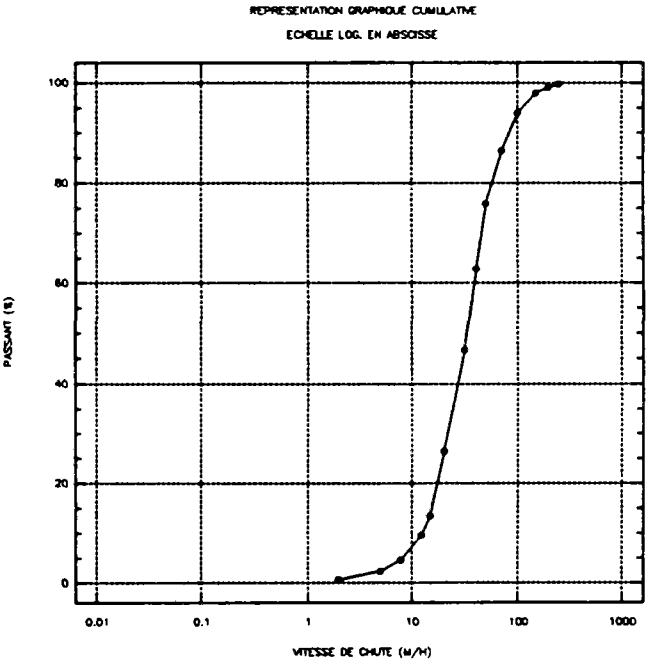


COLLECTEUR 13 – 19/10/1989

Classe granulométrique : > 50 µm

Appareil de mesure : COLONNE DE SEDIMENTATION

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
1,960	!	0,590	!	1,670
5,030	!	2,260	!	2,320
7,860	!	4,580	!	5,020
12,470	!	9,600	!	3,800
15,000	!	13,400	!	13,040
20,000	!	26,440	!	20,340
31,420	!	46,780	!	16,020
40,000	!	62,800	!	13,150
50,000	!	75,950	!	10,500
70,000	!	86,450	!	7,510
100,000	!	93,960	!	3,910
150,000	!	97,870	!	1,140
200,000	!	99,010	!	0,750
250,000	!	99,760	!	0,240
	!		!	
	!		!	
	!		!	
	!		!	

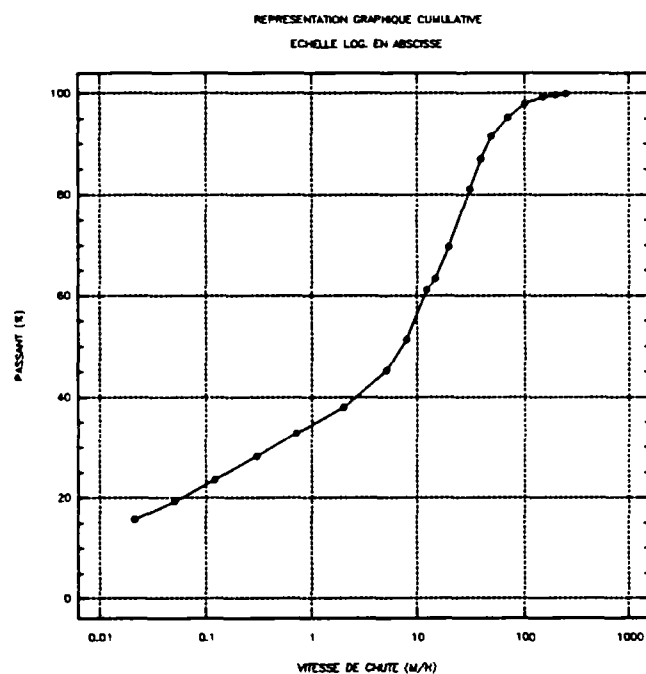


COLLECTEUR 13 – 19/10/1989

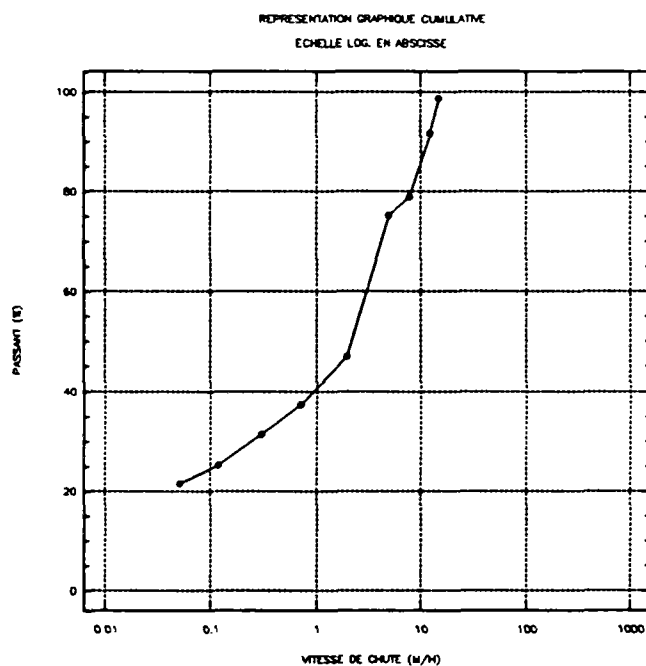
Classe granulométrique : ECHANTILLON MOYEN

Remarque importante : VALEURS RECONSTITUEES

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,021	!	15,700	!	3,580
0,050	!	19,280	!	4,330
0,120	!	23,610	!	4,580
0,310	!	28,190	!	4,600
0,710	!	32,790	!	5,210
1,960	!	38,000	!	7,260
5,030	!	45,260	!	6,140
7,860	!	51,400	!	9,750
12,470	!	61,150	!	2,250
15,000	!	63,400	!	6,360
20,000	!	69,760	!	11,280
31,420	!	81,040	!	6,020
40,000	!	87,060	!	4,550
50,000	!	91,610	!	3,640
70,000	!	95,250	!	2,630
100,000	!	97,880	!	1,370
150,000	!	99,250	!	0,400
200,000	!	99,650	!	0,260
250,000	!	99,910	!	0,090



Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN

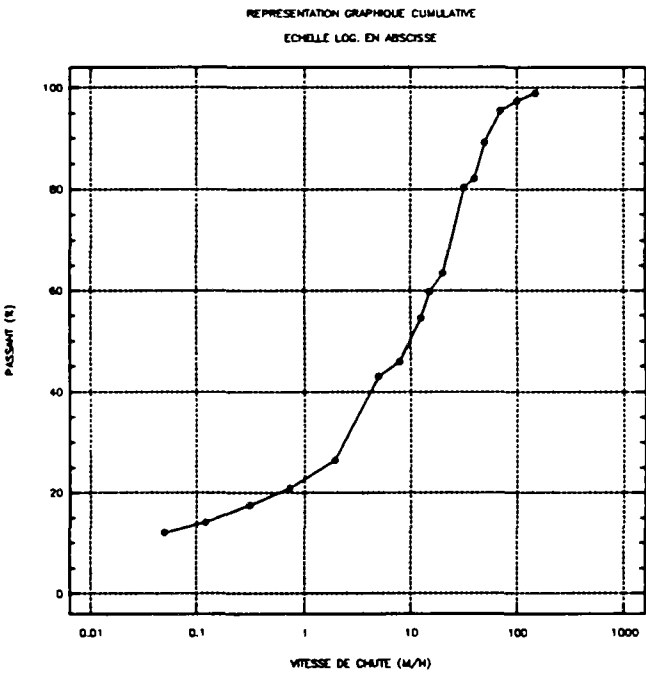
[illegible]

COLLECTEUR 13 – 13/10/1990

Classe granulométrique : ECHANTILLON MOYEN

Remarque importante : VALEURS RECONSTITUEES

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,050	!	12,040	!	2,040
0,120	!	14,080	!	3,440
0,310	!	17,520	!	3,380
0,710	!	20,900	!	5,600
1,960	!	26,500	!	16,480
5,030	!	42,980	!	2,920
7,860	!	45,900	!	8,610
12,470	!	54,510	!	5,220
15,000	!	59,730	!	3,840
20,000	!	63,570	!	16,810
31,420	!	80,380	!	1,770
40,000	!	82,150	!	7,020
50,000	!	89,170	!	6,290
70,000	!	95,460	!	1,960
100,000	!	97,420	!	1,450
150,000	!	98,870	!	1,130
	!		!	
	!		!	
	!		!	



ANNEXE C2

RESULTATS DE MESURE DE GRANULOMETRIE ET DE VITESSE DE CHUTE DES SOLIDES SOURCES DES MATIERES EN SUSPENSION DES REJETS PLU- VIAUX URBAINS

C 2.1. Granulométrie

C 2.2. Vitesse de chute

C 2.3. Masse volumique

ANNEXES C 2.1

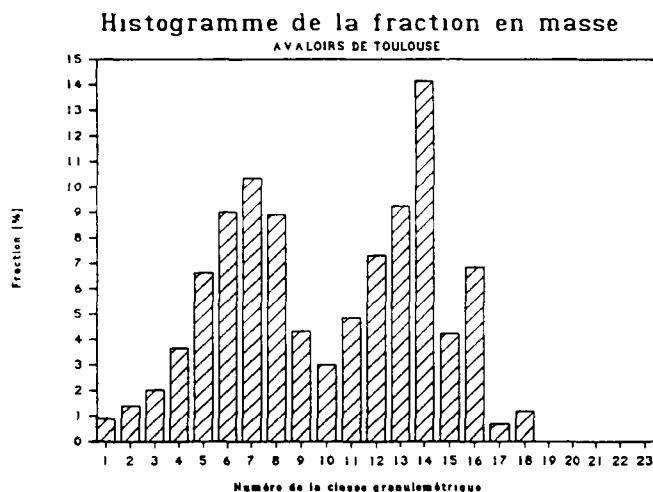
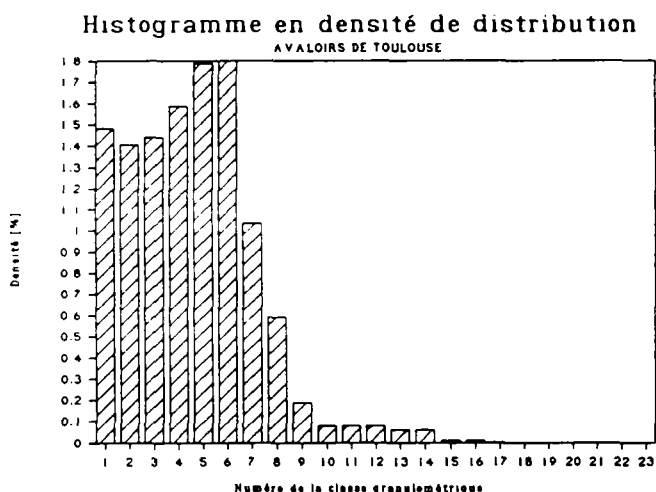
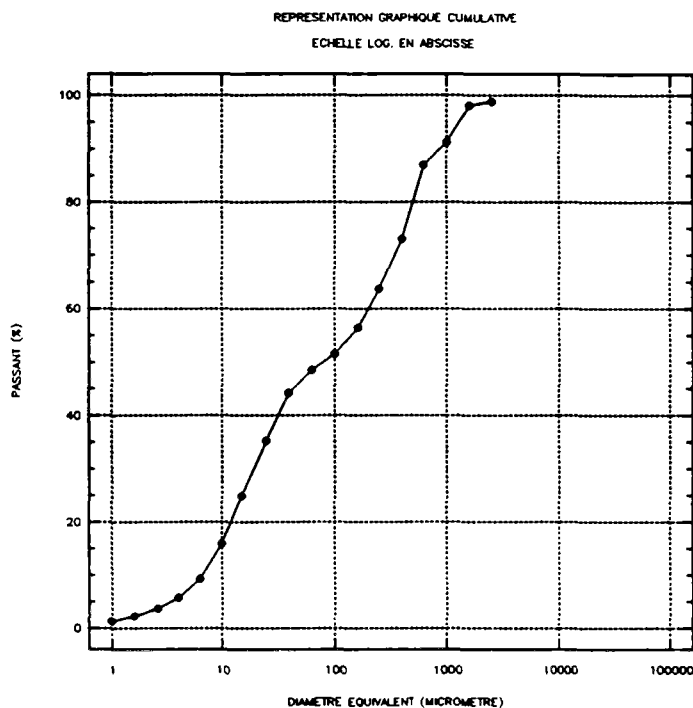
Granulométrie des sources des Matières En Suspension des rejets pluviaux urbains

|

AVALOIRS DE TOULOUSE

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS (sans ultrasons)

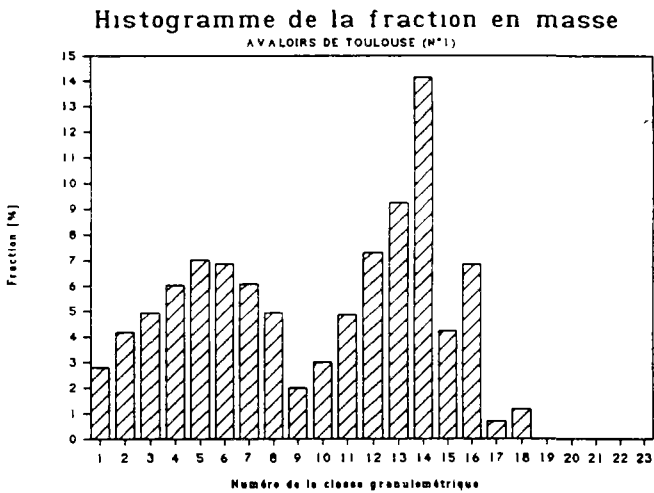
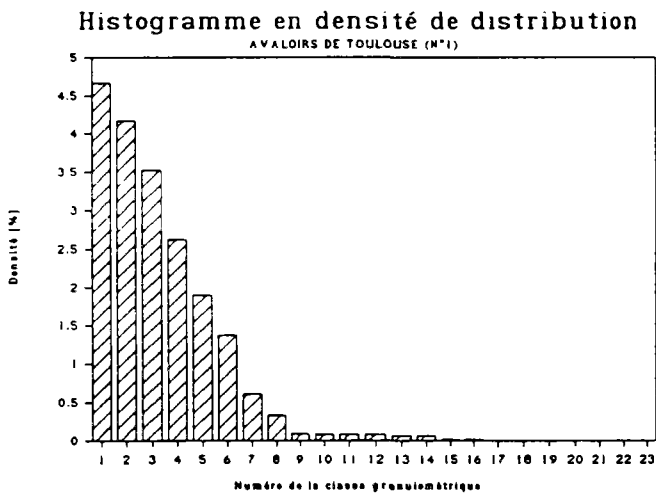
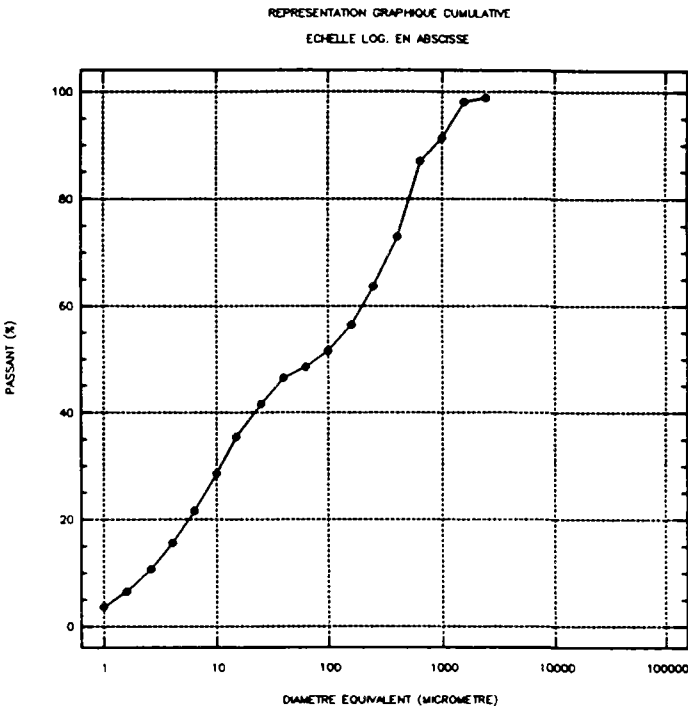
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,891	1,359	1,48431
1,60	2	1,406	2,250	1,40619
2,60	3	2,016	3,656	1,43967
4,00	4	3,656	5,672	1,58961
6,30	5	6,609	9,328	1,78624
10,00	6	9,000	15,937	1,79992
15,00	7	10,359	24,936	1,03589
25,00	8	8,906	35,295	0,59372
40,00	9	4,340	44,201	0,18869
63,00	10	2,999	48,541	0,08105
100,00	11	4,863	51,540	0,08106
160,00	12	7,295	56,403	0,08106
250,00	13	9,223	63,699	0,06149
400,00	14	14,142	72,922	0,06149
630,00	15	4,220	87,063	0,01141
1000,00	16	6,842	91,284	0,01140
1600,00	17	0,705	98,126	0,00078
2500,00	18	1,175	98,831	
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



AVALOIRS DE TOULOUSE (N°1)

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS(4 min. ultrasons)

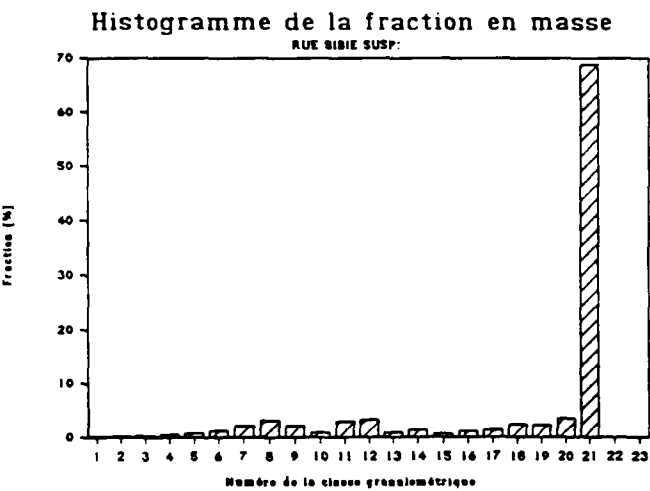
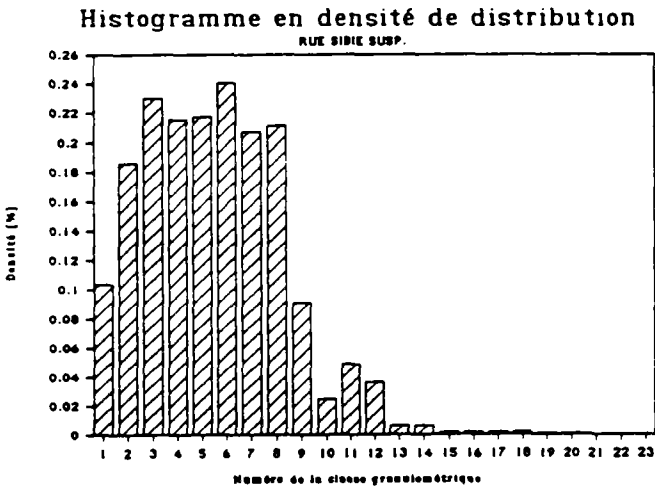
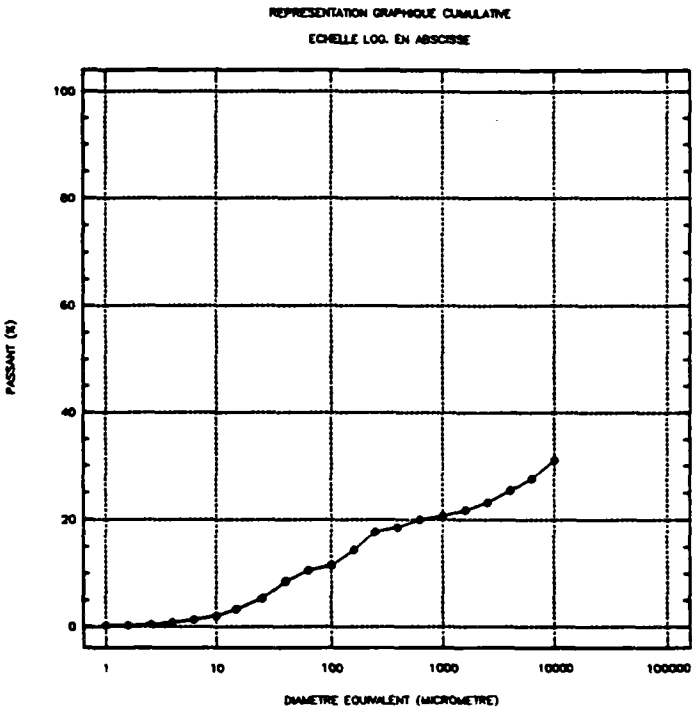
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	2,799	3,700	4,66483
1,60	2	4,175	6,499	4,17463
2,60	3	4,934	10,674	3,52404
4,00	4	6,025	15,607	2,61946
6,30	5	7,021	21,632	1,89756
10,00	6	6,879	28,653	1,37573
15,00	7	6,072	35,532	0,60722
25,00	8	4,934	41,604	0,32891
40,00	9	2,003	46,538	0,08710
63,00	10	2,999	48,541	0,08105
100,00	11	4,863	51,540	0,08106
160,00	12	7,295	56,403	0,08106
250,00	13	9,223	63,699	0,06149
400,00	14	14,142	72,922	0,06149
630,00	15	4,220	87,063	0,01141
1000,00	16	6,842	91,284	0,01140
1600,00	17	0,705	98,126	0,00078
2500,00	18	1,175	98,831	
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



RUE SIBIE SUSP.

Moyen de mesure : TAMIS+CILAS (0 min. d'ultrasons)

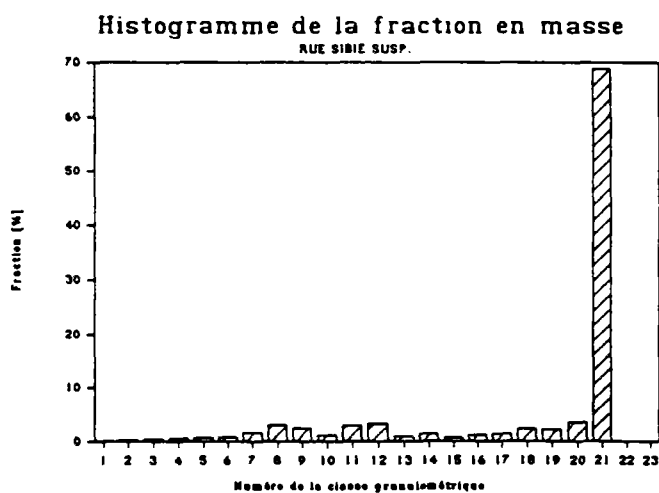
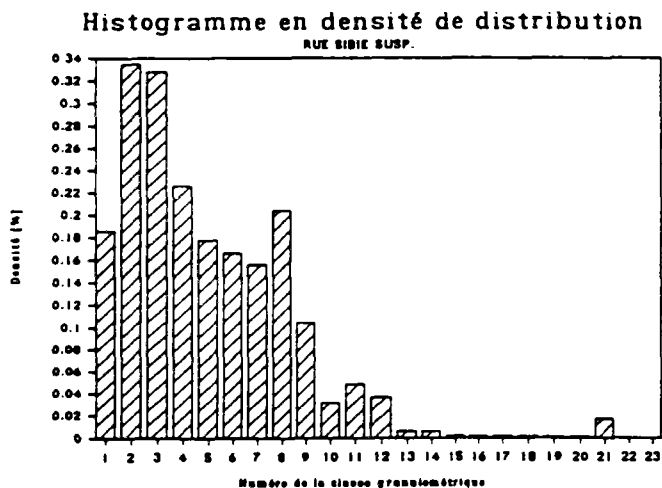
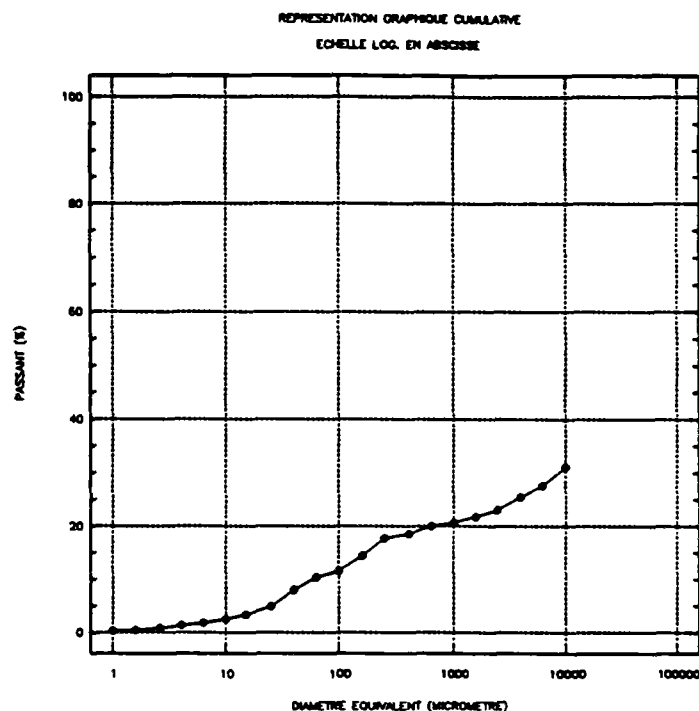
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,062	0,198	0,10333
1,60	2	0,186	0,260	0,18600
2,60	3	0,322	0,446	0,23029
4,00	4	0,496	0,769	0,21565
6,30	5	0,806	1,265	0,21784
10,00	6	1,203	2,071	0,24056
15,00	7	2,071	3,274	0,20708
25,00	8	3,174	5,344	0,21163
40,00	9	2,083	8,519	0,09057
63,00	10	0,920	10,602	0,02486
100,00	11	2,907	11,522	0,04844
160,00	12	3,288	14,429	0,03653
250,00	13	0,912	17,716	0,00608
400,00	14	1,393	18,628	0,00606
630,00	15	0,672	20,022	0,00181
1000,00	16	1,082	20,693	0,00180
1600,00	17	1,408	21,776	0,00156
2500,00	18	2,350	23,184	0,00157
4000,00	19	2,150	25,534	0,00093
6300,00	20	3,463	27,684	0,00094
10000,00	21	68,858	31,147	
14000,00	22			
25000,00	23			



RUE SIBIE SUSP.

Moyen de mesure : TAMIS+CILAS (5 min. d'ultrasons)

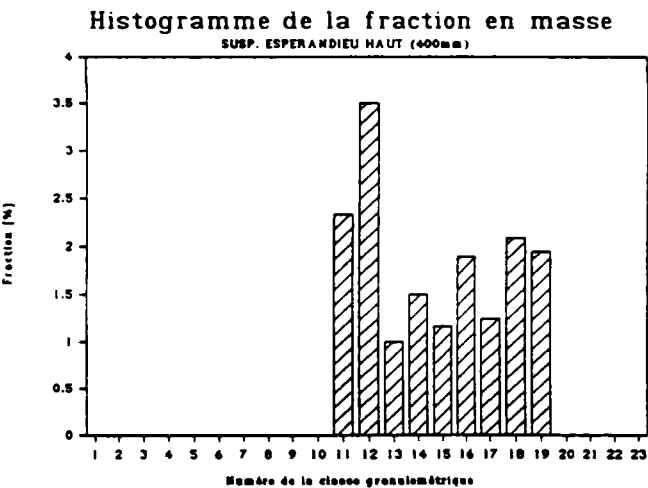
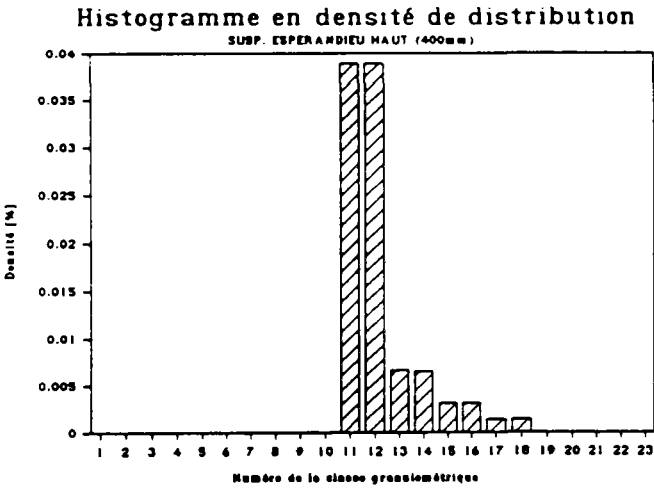
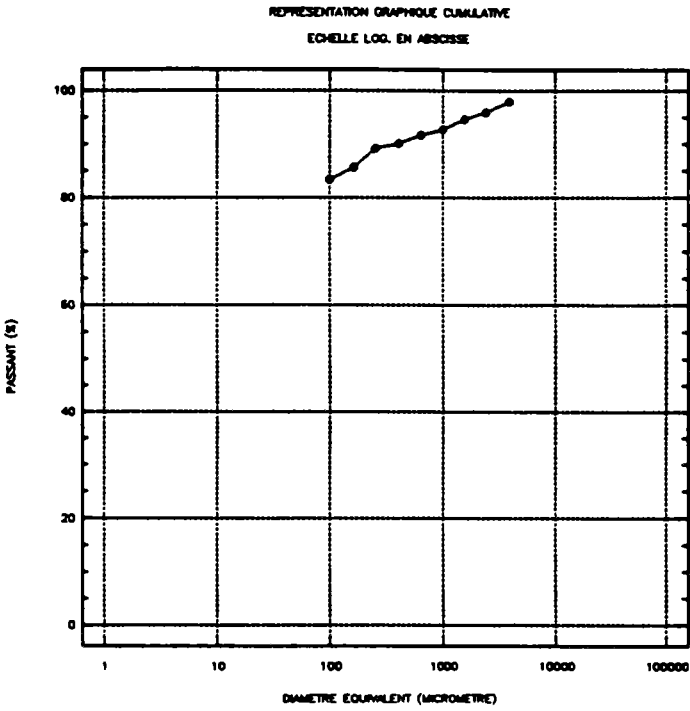
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,112	0,384	0,18600
1,60	2	0,335	0,496	0,33480
2,60	3	0,459	0,831	0,32771
4,00	4	0,521	1,290	0,22643
6,30	5	0,657	1,810	0,17762
10,00	6	0,831	2,468	0,16616
15,00	7	1,562	3,298	0,15624
25,00	8	3,063	4,861	0,20419
40,00	9	2,406	7,924	0,10459
63,00	10	1,180	10,329	0,03189
100,00	11	2,907	11,509	0,04844
160,00	12	3,298	14,416	0,03664
250,00	13	0,912	17,713	0,00608
400,00	14	1,393	18,626	0,00606
630,00	15	0,672	20,019	0,00181
1000,00	16	1,082	20,690	0,00180
1600,00	17	1,408	21,773	0,00156
2500,00	18	2,350	23,181	0,00157
4000,00	19	2,150	25,531	0,00093
6300,00	20	3,463	27,681	0,00094
10000,00	21	68,858	31,144	0,01721
14000,00	22			
25000,00	23			



SUSP. ESPERANDIEU HAUT (400mm)

Moyen de mesure : TAMIS

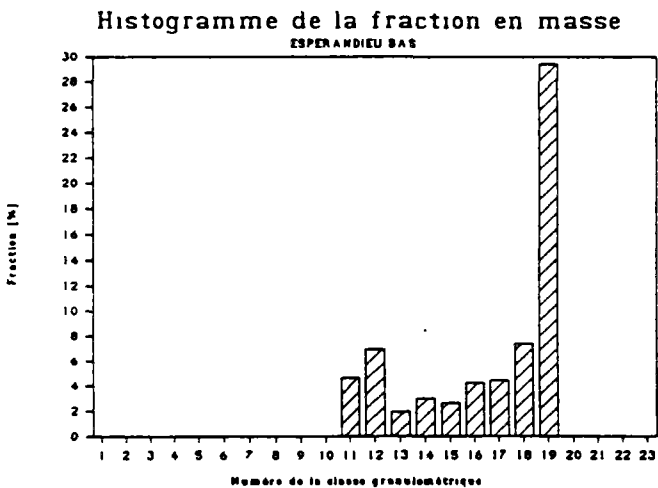
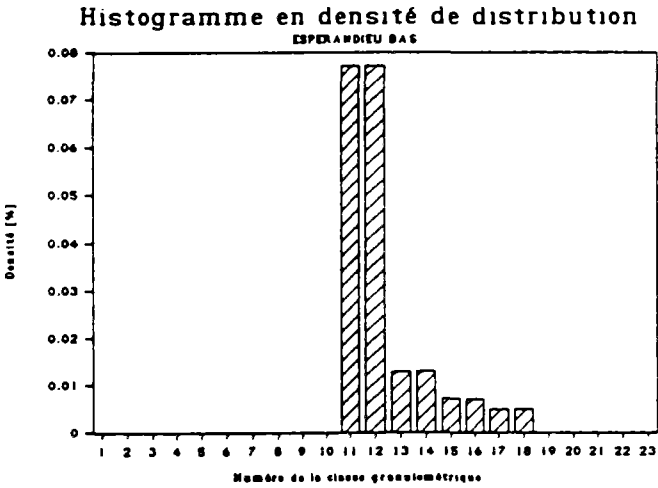
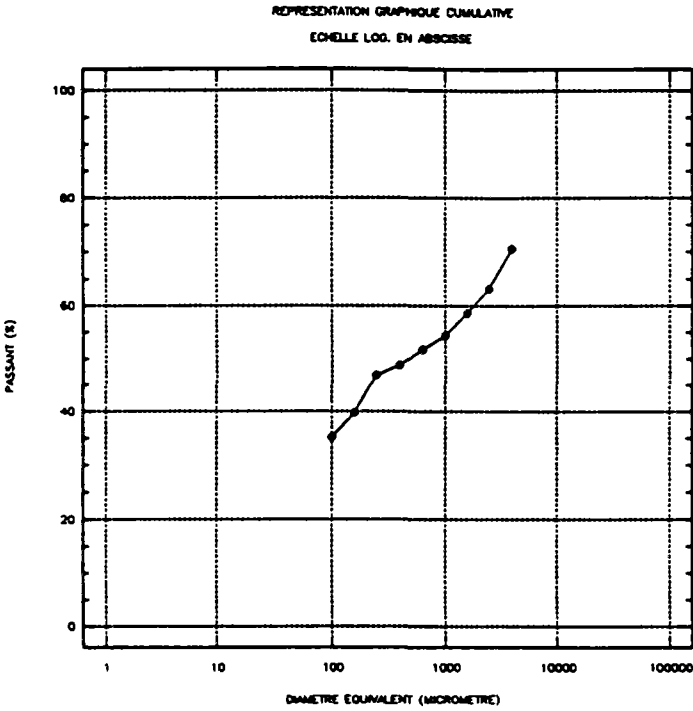
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	2,335	83,300	0,03892
160,00	12	3,503	85,635	0,03892
250,00	13	1,001	89,138	0,00667
400,00	14	1,501	90,139	0,00653
630,00	15	1,168	91,641	0,00316
1000,00	16	1,891	92,808	0,00315
1600,00	17	1,251	94,699	0,00139
2500,00	18	2,085	95,950	0,00139
4000,00	19	1,946	98,035	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



ESPERANDIEU BAS

Moyen de mesure : TAMIS

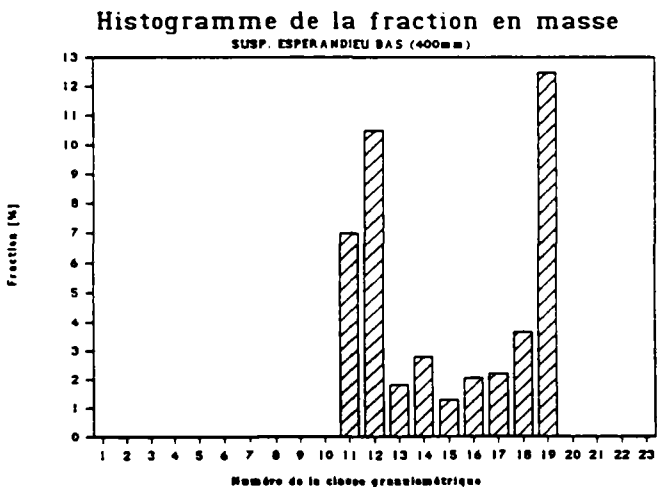
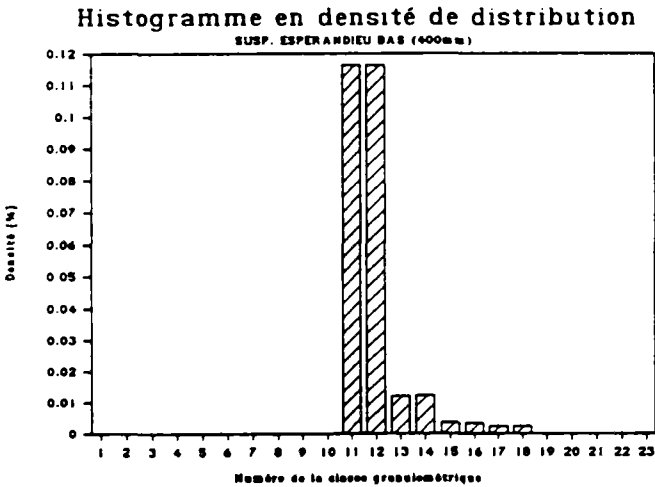
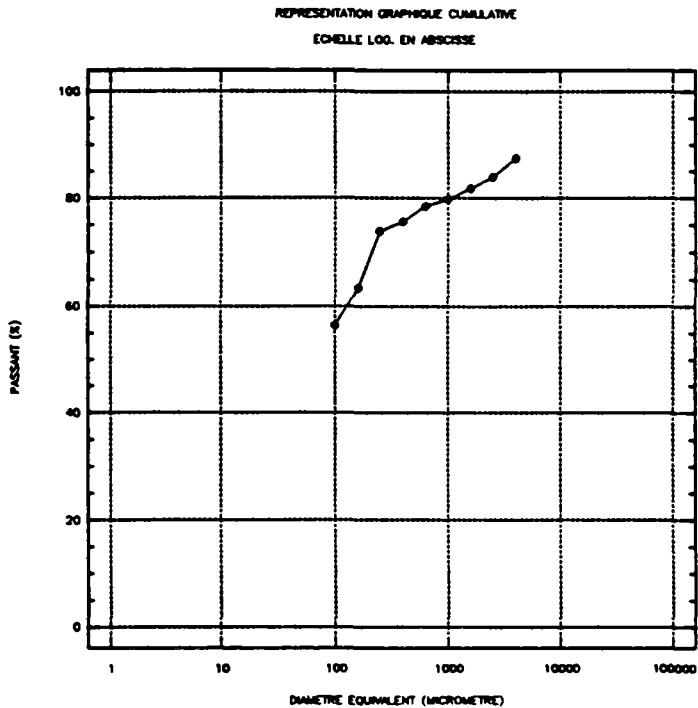
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	4,630	35,223	0,07717
160,00	12	6,950	39,853	0,07722
250,00	13	1,950	46,803	0,01300
400,00	14	3,020	48,753	0,01313
630,00	15	2,650	51,773	0,00716
1000,00	16	4,260	54,423	0,00710
1600,00	17	4,450	58,683	0,00494
2500,00	18	7,410	63,133	0,00494
4000,00	19	29,450	70,543	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



SUSP. ESPERANDIEU BAS (400mm)

Moyen de mesure : TAMIS

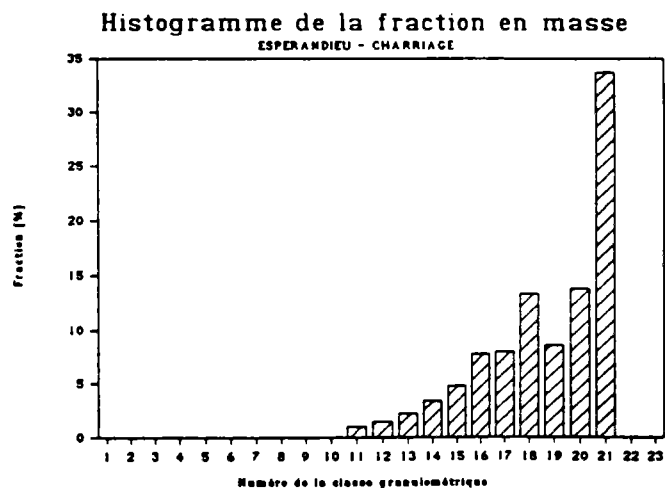
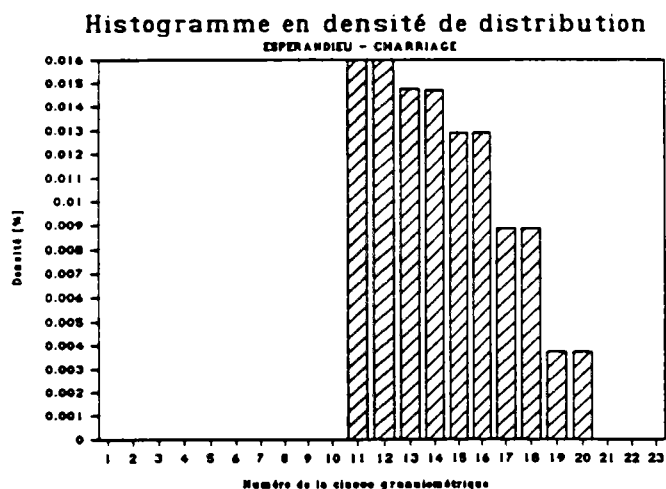
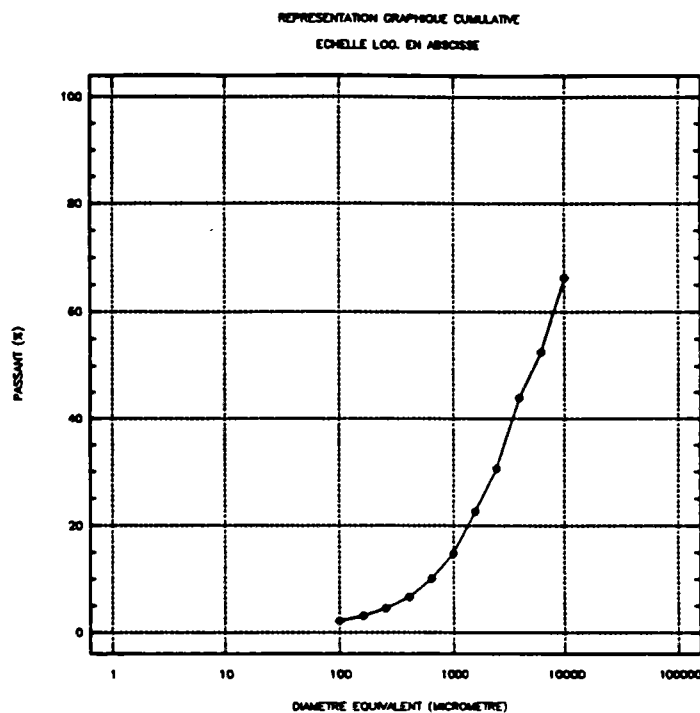
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	6,981	56,400	0,11635
160,00	12	10,471	63,381	0,11635
250,00	13	1,787	73,852	0,01191
400,00	14	2,784	75,639	0,01210
630,00	15	1,288	78,423	0,00348
1000,00	16	2,036	79,711	0,00339
1600,00	17	2,182	81,747	0,00242
2500,00	18	3,636	83,928	0,00242
4000,00	19	12,466	87,564	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



ESPERANDIEU - CHARRIAGE

Moyen de mesure : TAMIS

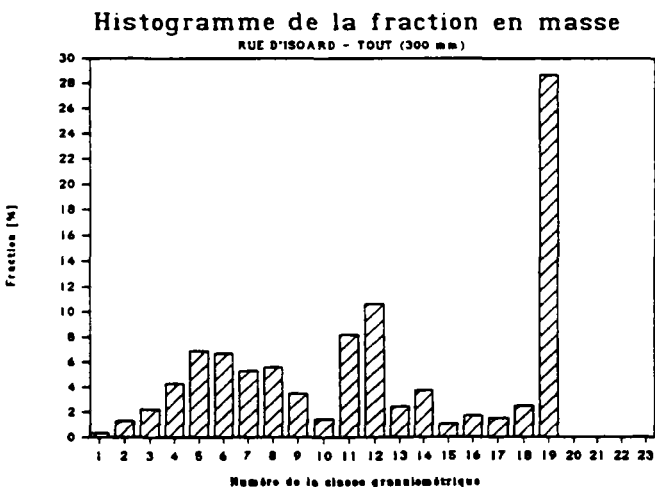
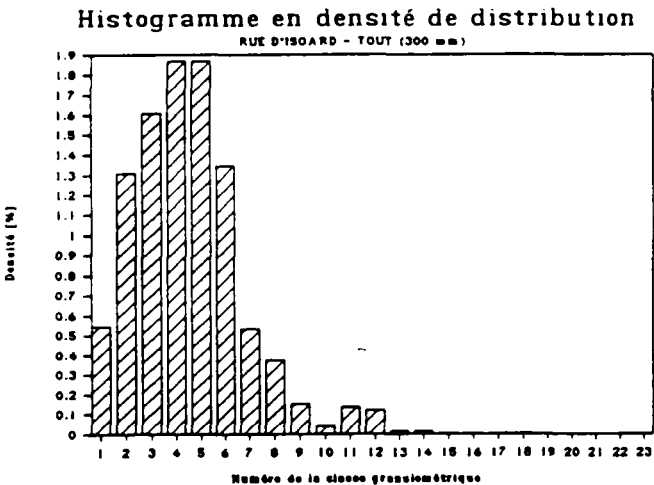
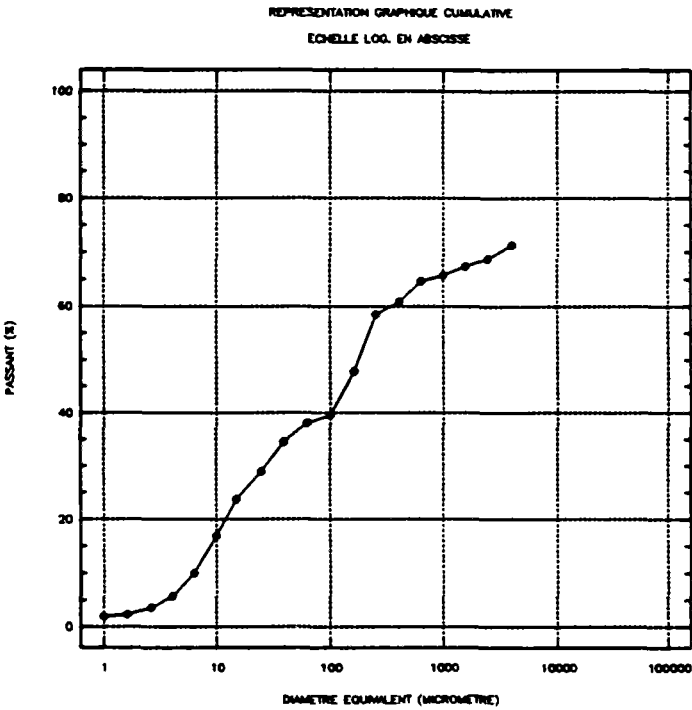
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,959	2,100	0,01599
160,00	12	1,439	3,059	0,01599
250,00	13	2,212	4,499	0,01475
400,00	14	3,385	6,711	0,01472
630,00	15	4,784	10,095	0,01293
1000,00	16	7,742	14,879	0,01290
1600,00	17	7,995	22,621	0,00888
2500,00	18	13,325	30,616	0,00888
4000,00	19	8,582	43,942	0,00373
6300,00	20	13,805	52,523	0,00373
10000,00	21	33,713	66,329	
14000,00	22			
25000,00	23			



RUE D'ISOARD - TOUT (300 mm)

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS(0 min d'ultrasons)

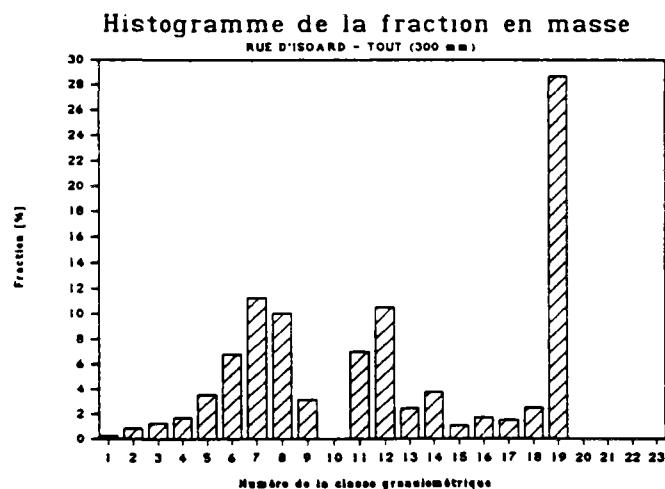
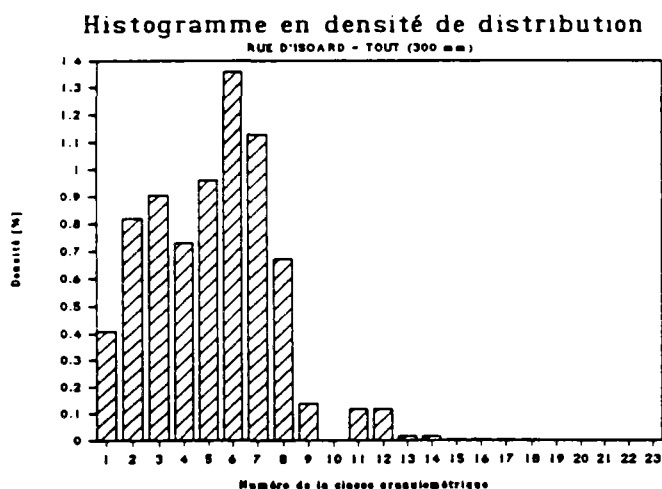
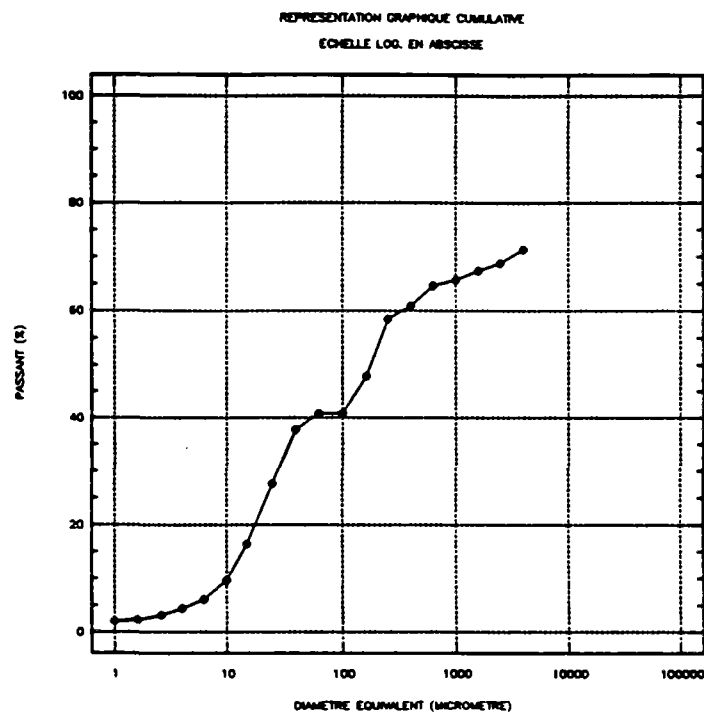
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,327	1,881	0,54533
1,60	2	1,309	2,209	1,30880
2,60	3	2,250	3,517	1,60679
4,00	4	4,295	5,767	1,86717
6,30	5	6,912	10,061	1,86814
10,00	6	6,708	16,974	1,34152
15,00	7	5,317	23,681	0,53170
25,00	8	5,603	28,998	0,37355
40,00	9	3,517	34,601	0,15293
63,00	10	1,470	38,119	0,03973
100,00	11	8,187	39,589	0,13645
160,00	12	10,625	47,776	0,11805
250,00	13	2,454	58,401	0,01636
400,00	14	3,766	60,855	0,01637
630,00	15	1,034	64,621	0,00279
1000,00	16	1,677	65,655	0,00279
1600,00	17	1,490	67,332	0,00166
2500,00	18	2,482	68,822	0,00165
4000,00	19	28,684	71,303	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



RUE D'ISOARD - TOUT (300 mm)

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS(5 min d'ultrasons)

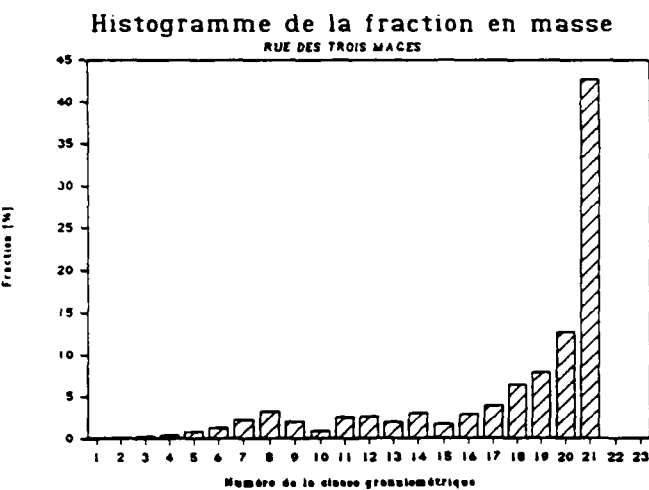
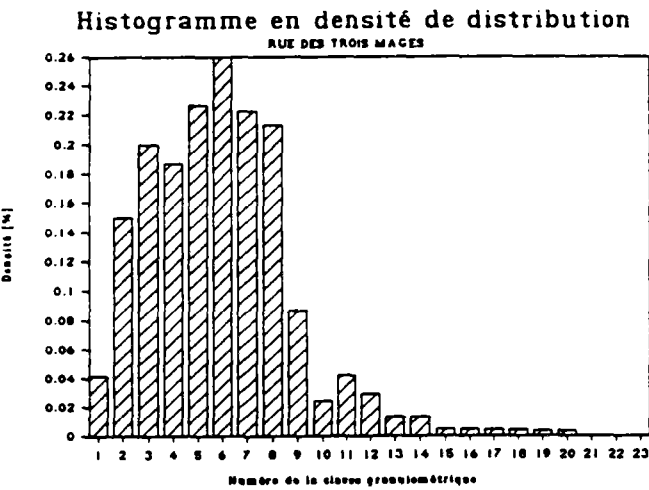
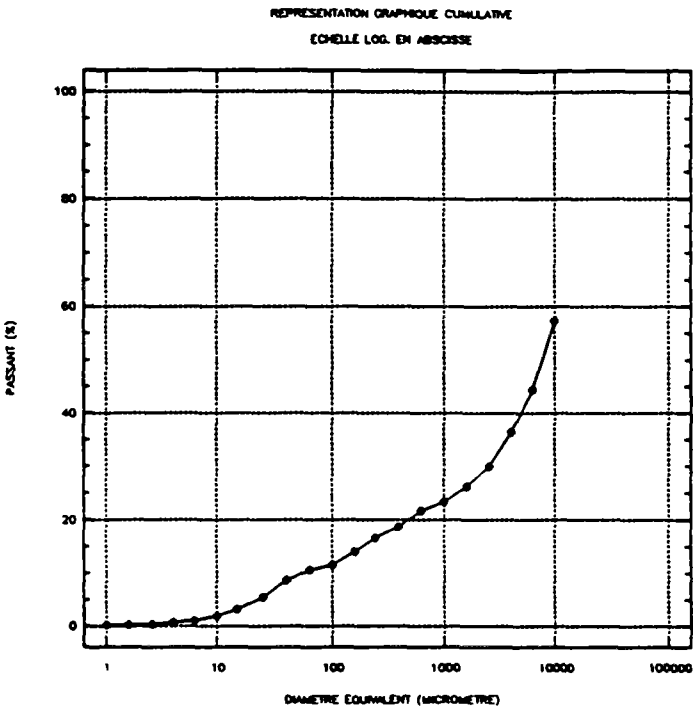
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,245	2,045	0,40900
1,60	2	0,818	2,290	0,81800
2,60	3	1,268	3,108	0,90564
4,00	4	1,677	4,376	0,72909
6,30	5	3,558	6,053	0,96170
10,00	6	6,789	9,611	1,35788
15,00	7	11,288	16,401	1,12884
25,00	8	10,061	27,689	0,67076
40,00	9	3,149	37,751	0,13693
63,00	10	0,000	40,900	0,00000
100,00	11	7,002	40,900	0,11670
160,00	12	10,503	47,902	0,11670
250,00	13	2,454	58,405	0,01636
400,00	14	3,766	60,859	0,01637
630,00	15	1,034	64,625	0,00279
1000,00	16	1,677	65,659	0,00279
1600,00	17	1,490	67,336	0,00166
2500,00	18	2,482	68,826	0,00165
4000,00	19	28,684	71,307	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



RUE DES TROIS MAGES

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS(0 min. d'ultrasons)

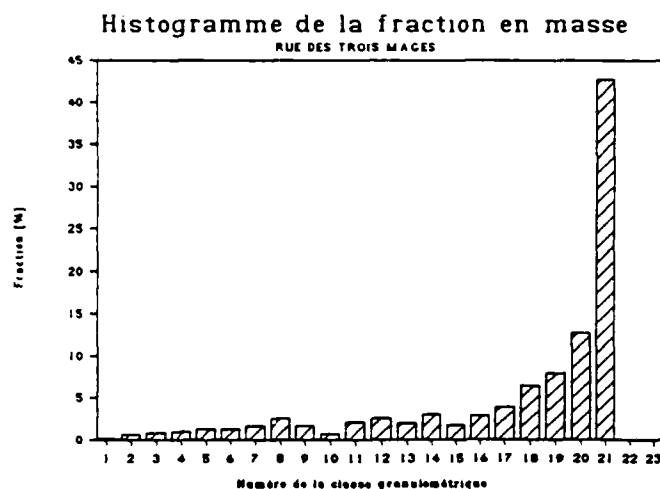
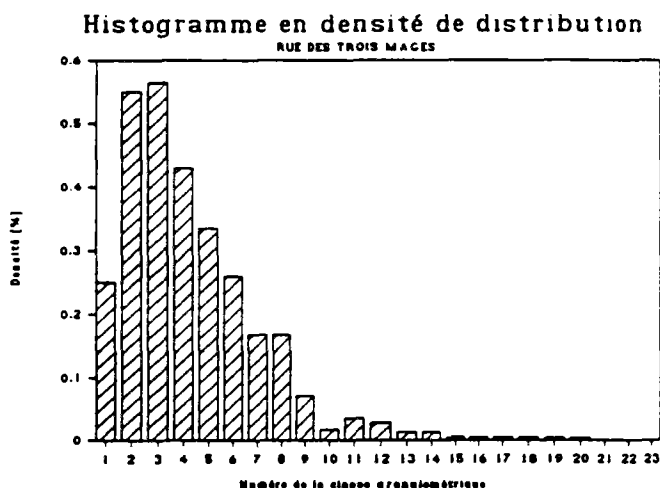
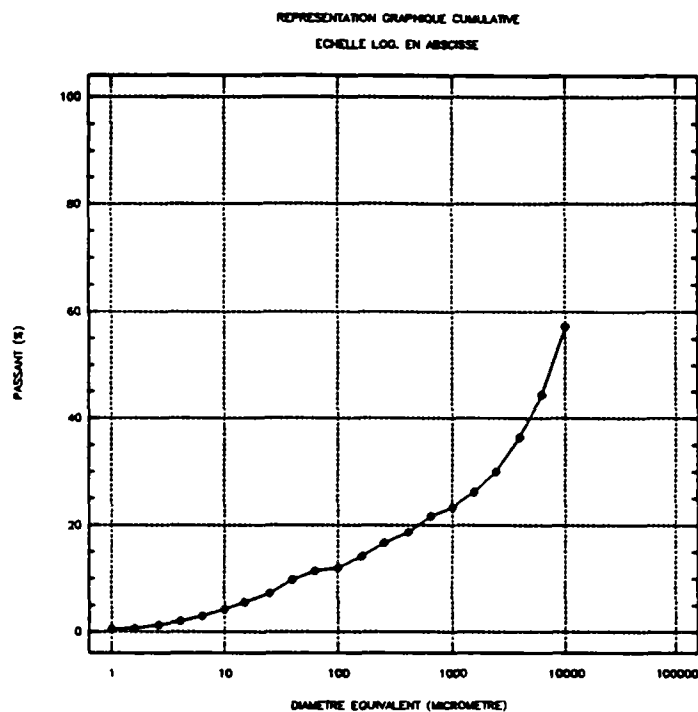
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,025	0,210	0,04167
1,60	2	0,150	0,235	0,15000
2,60	3	0,280	0,385	0,20000
4,00	4	0,430	0,665	0,18696
6,30	5	0,840	1,095	0,22703
10,00	6	1,300	1,935	0,26000
15,00	7	2,230	3,235	0,22300
25,00	8	3,200	5,465	0,21333
40,00	9	1,990	8,665	0,08652
63,00	10	0,900	10,655	0,02432
100,00	11	2,520	11,555	0,04200
160,00	12	2,620	14,075	0,02911
250,00	13	1,960	16,695	0,01307
400,00	14	3,010	18,655	0,01309
630,00	15	1,740	21,665	0,00470
1000,00	16	2,820	23,405	0,00470
1600,00	17	3,860	26,225	0,00429
2500,00	18	6,440	30,085	0,00429
4000,00	19	7,960	36,525	0,00346
6300,00	20	12,800	44,485	0,00346
10000,00	21	42,730	57,285	
14000,00	22			
25000,00	23			



RUE DES TROIS MAGES

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS(5 min. d'ultrasons)

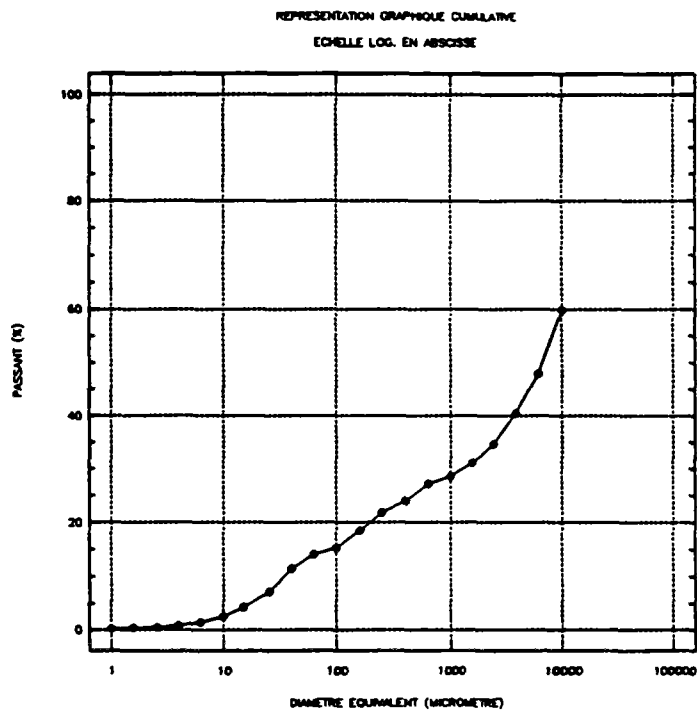
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,150	0,550	0,25000
1,60	2	0,550	0,700	0,55000
2,60	3	0,790	1,250	0,56429
4,00	4	0,990	2,040	0,43043
6,30	5	1,240	3,030	0,33514
10,00	6	1,300	4,270	0,26000
15,00	7	1,680	5,570	0,16800
25,00	8	2,520	7,250	0,16800
40,00	9	1,630	9,770	0,07087
63,00	10	0,640	11,400	0,01730
100,00	11	2,110	12,040	0,03517
160,00	12	2,540	14,150	0,02822
250,00	13	1,960	16,690	0,01307
400,00	14	3,010	18,650	0,01309
630,00	15	1,740	21,660	0,00470
1000,00	16	2,820	23,400	0,00470
1600,00	17	3,860	26,220	0,00429
2500,00	18	6,440	30,080	0,00429
4000,00	19	7,960	36,520	0,00346
6300,00	20	12,800	44,480	0,00346
10000,00	21	42,730	57,280	
14000,00	22			
25000,00	23			



RUE DES TROIS MAGES – SUSP.

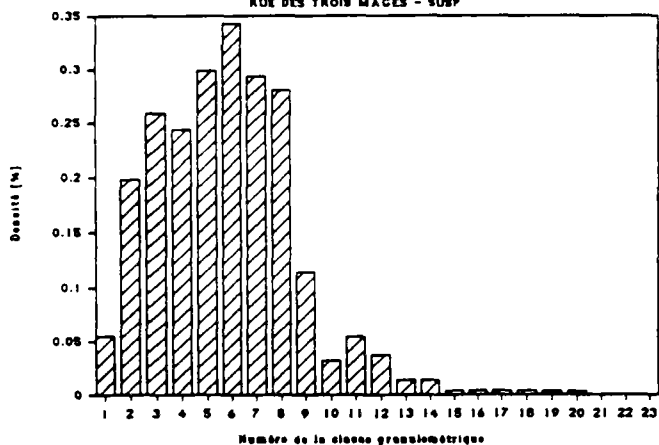
Moyen de mesure : TAMIS + CILAS(0 min d'ultrasons)

Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,033	0,264	0,05500
1,60	2	0,198	0,297	0,19800
2,60	3	0,363	0,495	0,25929
4,00	4	0,561	0,858	0,24391
6,30	5	1,106	1,419	0,29878
10,00	6	1,716	2,525	0,34320
15,00	7	2,937	4,241	0,29370
25,00	8	4,208	7,178	0,28050
40,00	9	2,624	11,385	0,11407
63,00	10	1,190	14,009	0,03216
100,00	11	3,263	15,199	0,05439
160,00	12	3,351	18,462	0,03723
250,00	13	2,096	21,813	0,01397
400,00	14	3,217	23,908	0,01399
630,00	15	1,535	27,125	0,00415
1000,00	16	2,493	28,660	0,00415
1600,00	17	3,503	31,153	0,00389
2500,00	18	5,838	34,656	0,00389
4000,00	19	7,431	40,493	0,00323
6300,00	20	11,950	47,925	0,00323
10000,00	21	40,105	59,875	
14000,00	22			
25000,00	23			



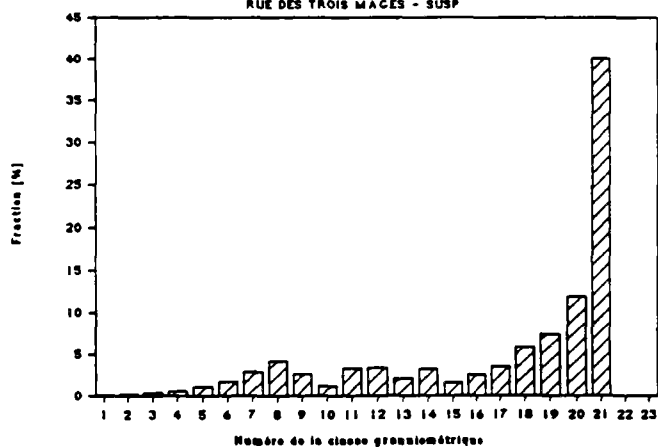
Histogramme en densité de distribution

RUE DES TROIS MAGES – SUSP



Histogramme de la fraction en masse

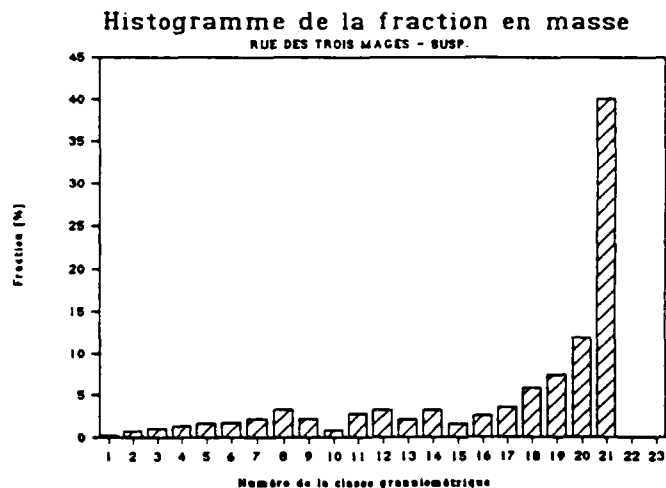
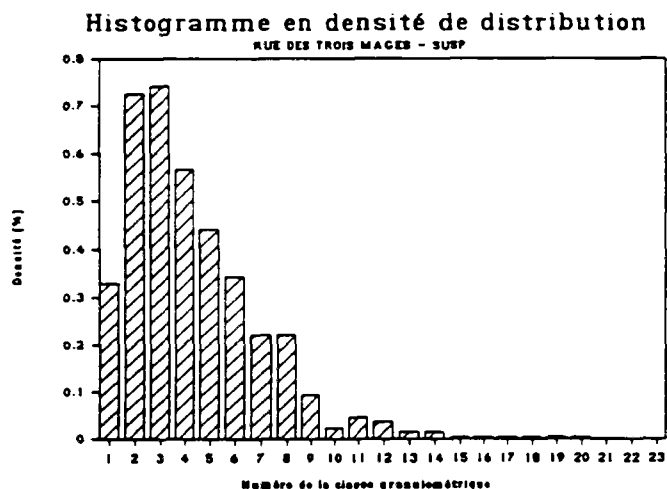
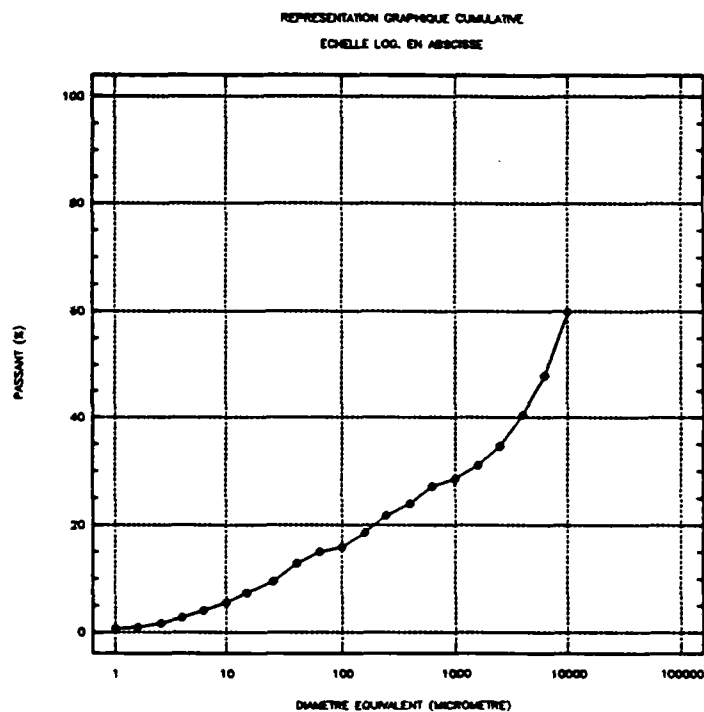
RUE DES TROIS MAGES – SUSP



RUE DES TROIS MAGES - SUSP.

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS(5 min d'ultrasons)

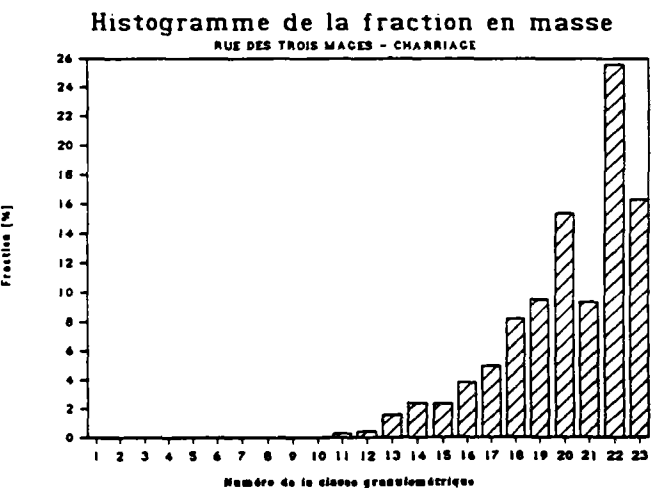
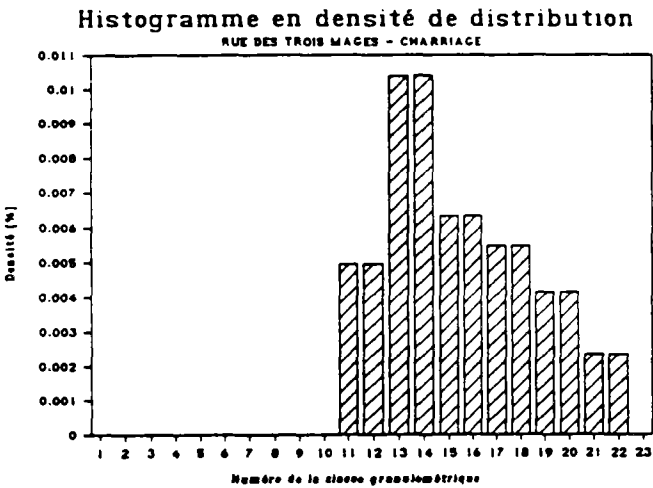
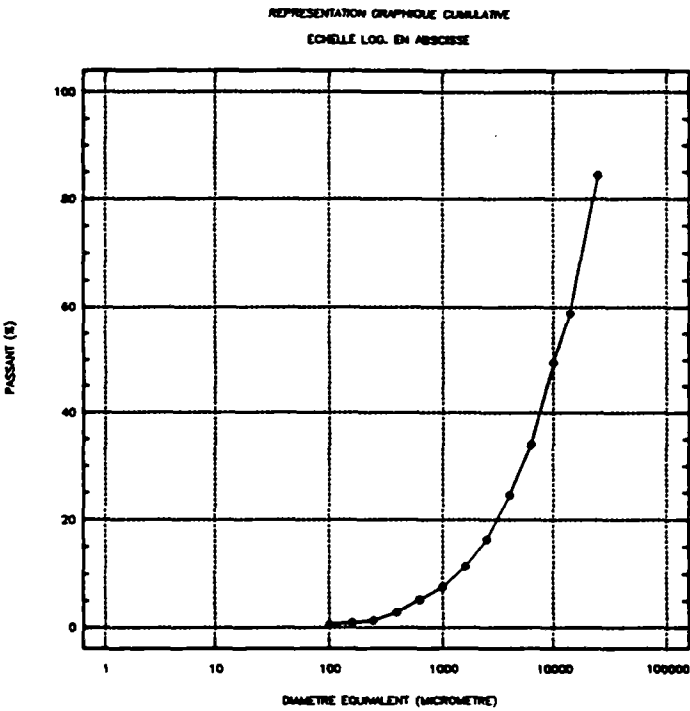
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,198	0,726	0,33000
1,60	2	0,726	0,924	0,72600
2,60	3	1,040	1,650	0,74250
4,00	4	1,304	2,690	0,56674
6,30	5	1,634	3,993	0,44149
10,00	6	1,716	5,627	0,34320
15,00	7	2,211	7,343	0,22110
25,00	8	3,317	9,554	0,22110
40,00	9	2,145	12,870	0,09326
63,00	10	0,840	15,015	0,02270
100,00	11	2,720	15,855	0,04534
160,00	12	3,237	18,575	0,03597
250,00	13	2,096	21,812	0,01397
400,00	14	3,217	23,908	0,01399
630,00	15	1,535	27,125	0,00415
1000,00	16	2,493	28,660	0,00415
1600,00	17	3,503	31,153	0,00389
2500,00	18	5,838	34,655	0,00389
4000,00	19	7,431	40,493	0,00323
6300,00	20	11,950	47,924	0,00323
10000,00	21	40,105	59,874	
14000,00	22			
25000,00	23			



RUE DES TROIS MAGES – CHARRIAGE

Moyen de mesure : TAMIS

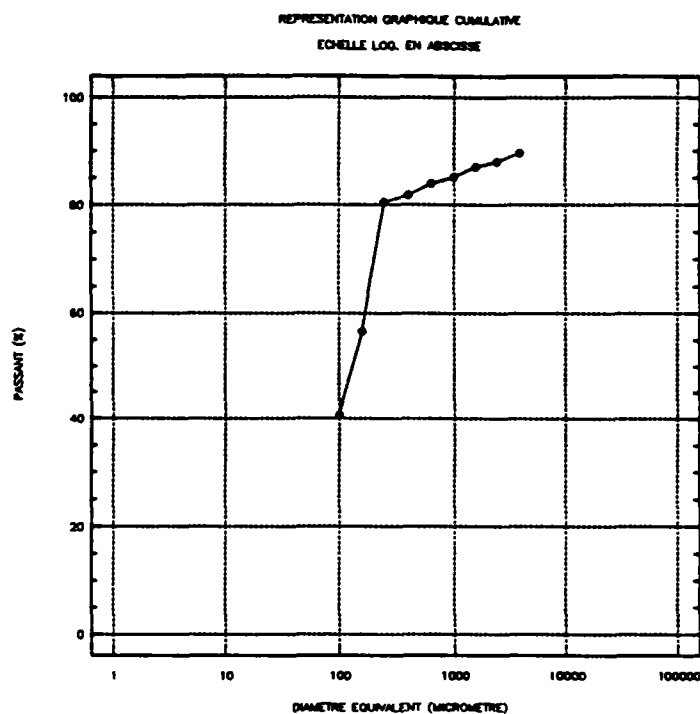
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,297	0,600	0,00495
160,00	12	0,445	0,897	0,00495
250,00	13	1,558	1,342	0,01039
400,00	14	2,392	2,900	0,01040
630,00	15	2,340	5,292	0,00632
1000,00	16	3,793	7,632	0,00632
1600,00	17	4,935	11,425	0,00548
2500,00	18	8,226	16,359	0,00548
4000,00	19	9,529	24,585	0,00414
6300,00	20	15,330	34,114	0,00414
10000,00	21	9,313	49,443	0,00233
14000,00	22	25,607	58,756	0,00233
25000,00	23	16,237	84,363	



BAS RUE DU COQ - TOUT

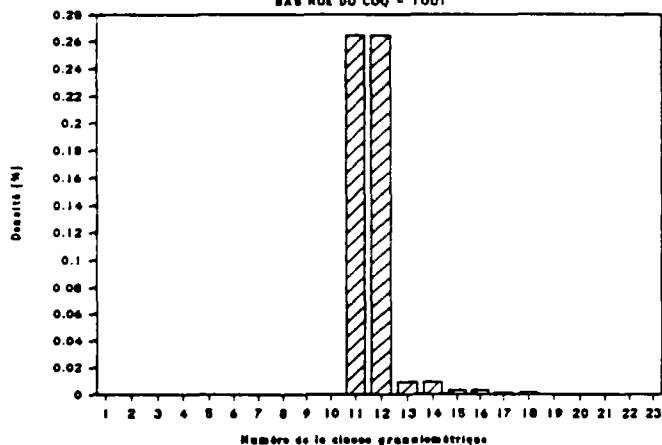
Moyen de mesure : TAMIS

Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	15,873	40,800	0,26454
160,00	12	23,809	56,673	0,26454
250,00	13	1,360	80,481	0,00907
400,00	14	2,090	81,842	0,00909
630,00	15	1,161	83,932	0,00314
1000,00	16	1,891	85,093	0,00315
1600,00	17	0,995	86,984	0,00111
2500,00	18	1,659	87,980	0,00111
4000,00	19	10,352	89,639	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



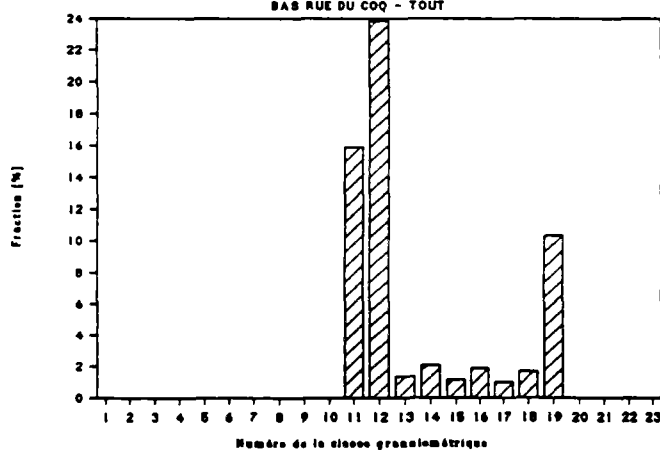
Histogramme en densité de distribution

BAS RUE DU COQ - TOUT



Histogramme de la fraction en masse

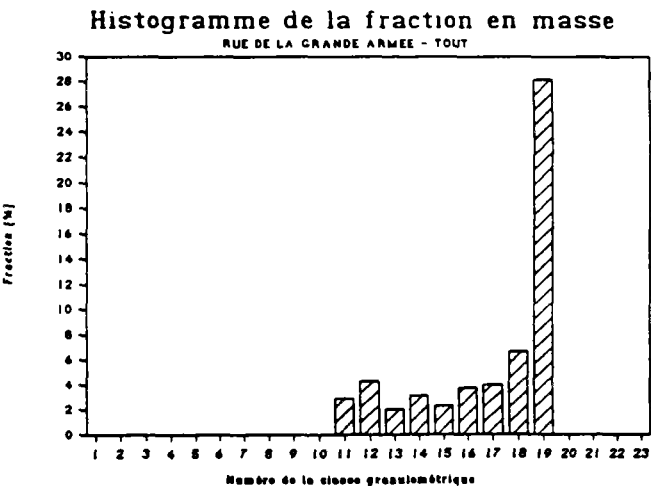
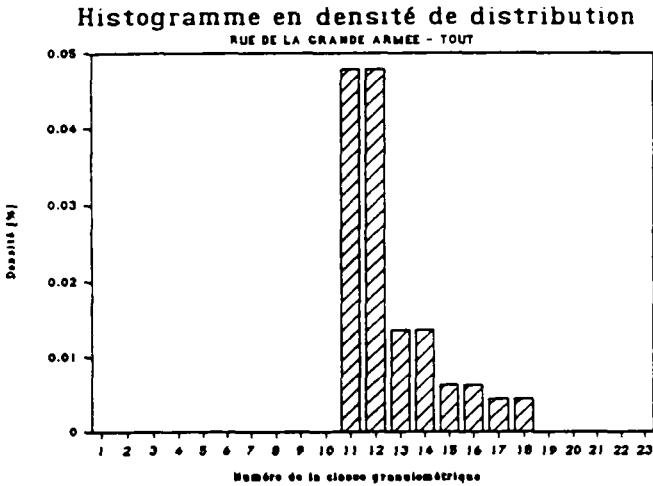
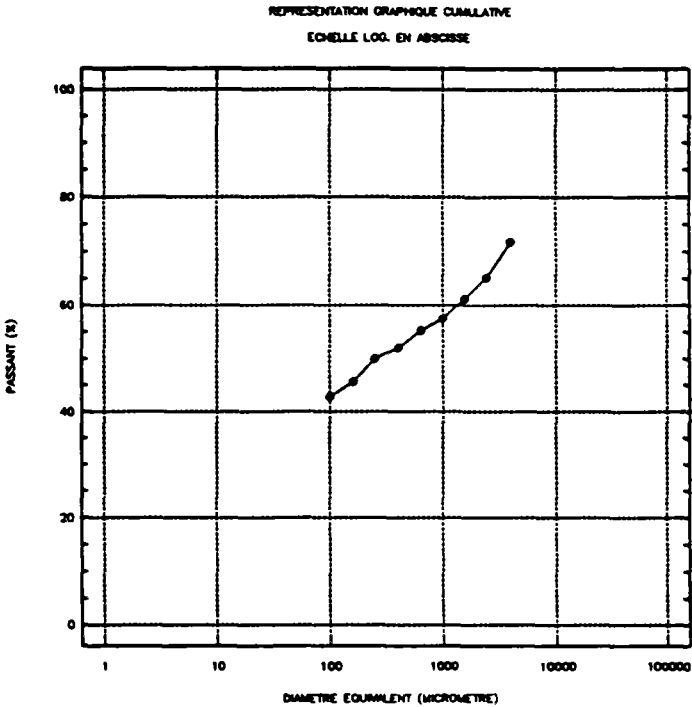
BAS RUE DU COQ - TOUT



RUE DE LA GRANDE ARMEE - TOUT

Moyen de mesure : TAMIS

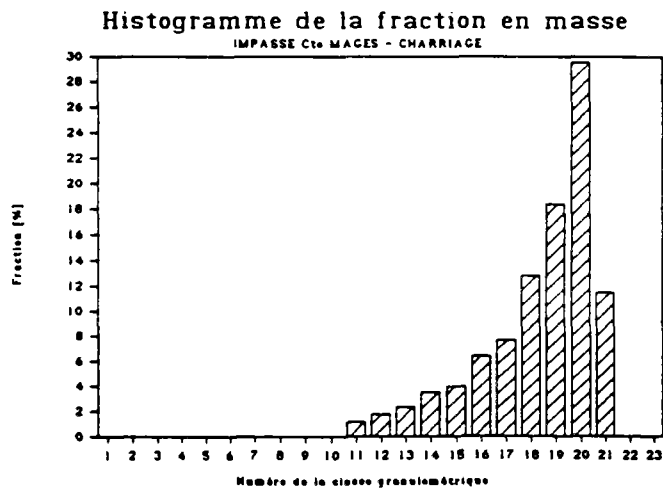
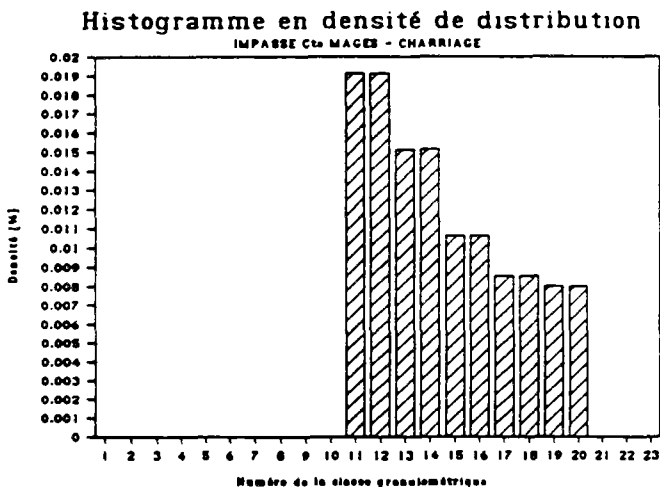
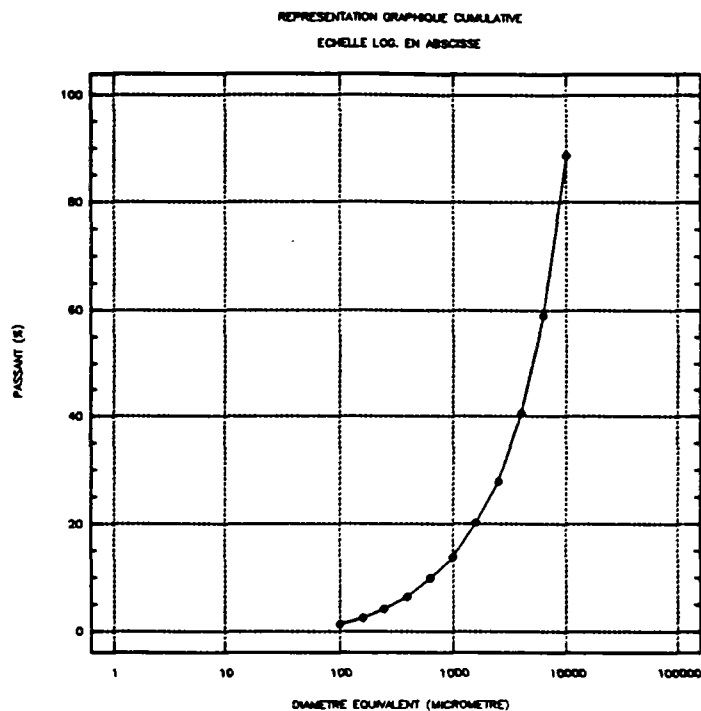
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	2,874	42,800	0,04790
160,00	12	4,311	45,674	0,04790
250,00	13	2,040	49,984	0,01360
400,00	14	3,132	52,025	0,01362
630,00	15	2,299	55,157	0,00621
1000,00	16	3,736	57,456	0,00623
1600,00	17	3,995	61,192	0,00444
2500,00	18	6,638	65,187	0,00443
4000,00	19	28,163	71,825	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



IMPASSE Cte MAGES – CHARRIAGE

Moyen de mesure : TAMIS

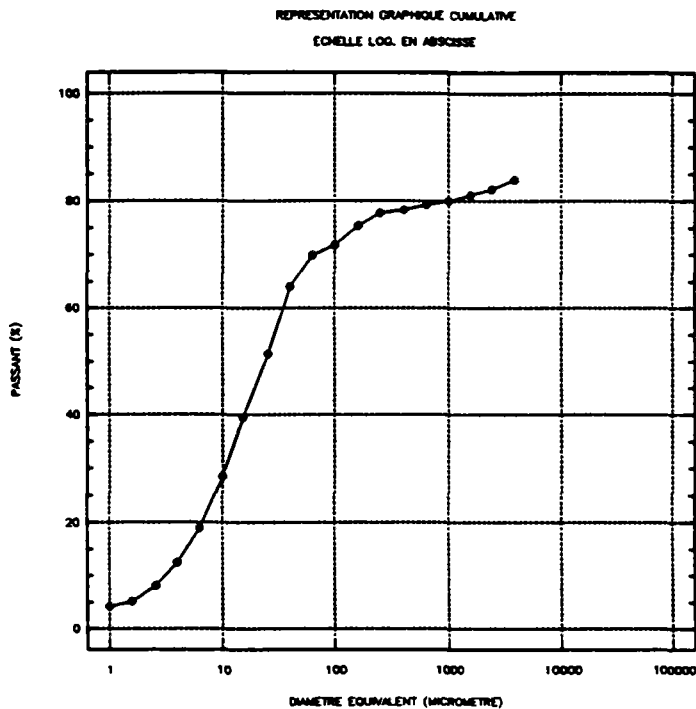
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	1,146	1,300	0,01911
160,00	12	1,720	2,446	0,01911
250,00	13	2,273	4,166	0,01515
400,00	14	3,488	6,439	0,01517
630,00	15	3,935	9,927	0,01064
1000,00	16	6,383	13,862	0,01064
1600,00	17	7,664	20,245	0,00852
2500,00	18	12,772	27,909	0,00851
4000,00	19	18,361	40,681	0,00798
6300,00	20	29,538	59,041	0,00798
10000,00	21	11,465	88,579	
14000,00	22			
25000,00	23			



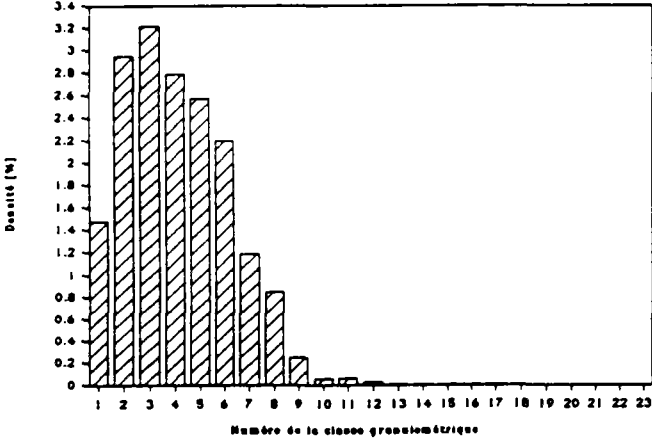
IMPASSE Cte MAGES – SUSP+1/3CHARRIAGE

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS(0 min d'ultrasons)

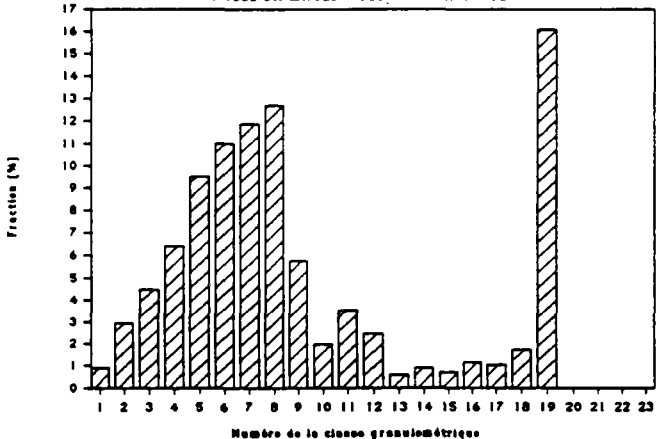
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,886	4,207	1,47600
1,60	2	2,952	5,092	2,95200
2,60	3	4,502	8,044	3,21557
4,00	4	6,421	12,546	2,79157
6,30	5	9,520	18,967	2,57303
10,00	6	10,996	28,487	2,19924
15,00	7	11,882	39,483	1,18818
25,00	8	12,694	51,365	0,84624
40,00	9	5,756	64,058	0,25028
63,00	10	1,990	69,815	0,05378
100,00	11	3,512	71,805	0,05854
160,00	12	2,464	75,317	0,02738
250,00	13	0,578	77,781	0,00385
400,00	14	0,886	78,359	0,00385
630,00	15	0,714	79,245	0,00193
1000,00	16	1,161	79,960	0,00194
1600,00	17	1,041	81,121	0,00116
2500,00	18	1,734	82,161	0,00116
4000,00	19	16,083	83,896	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



Histogramme en densité de distribution
IMPASSE Cte MAGES – SUSP+1/3CHARRIAGE



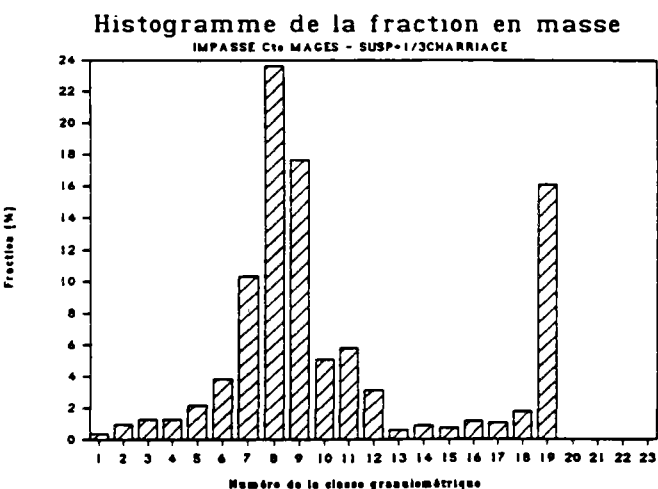
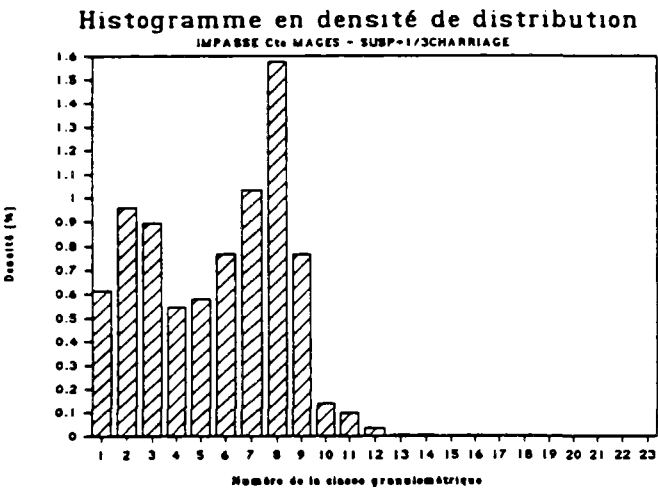
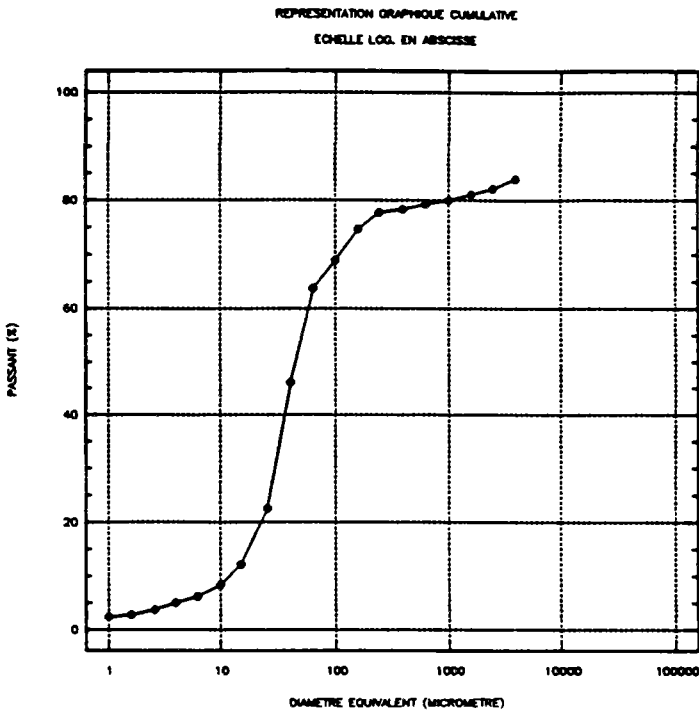
Histogramme de la fraction en masse
IMPASSE Cte MAGES – SUSP+1/3CHARRIAGE



IMPASSE Cte MAGES – SUSP+1/3CHARRIAGE

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS(5 min d'ultrasons)

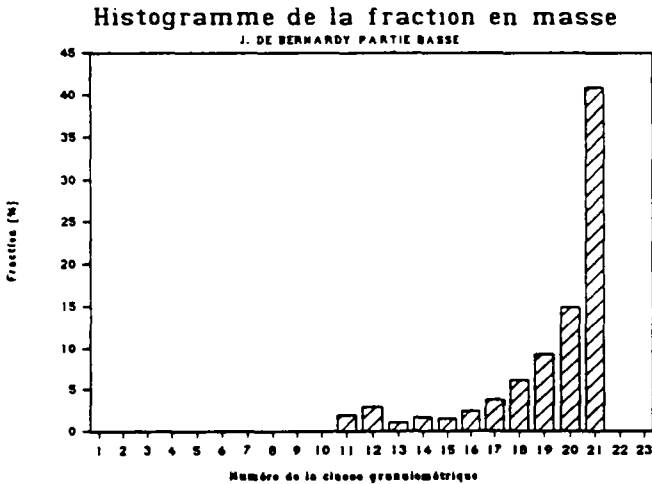
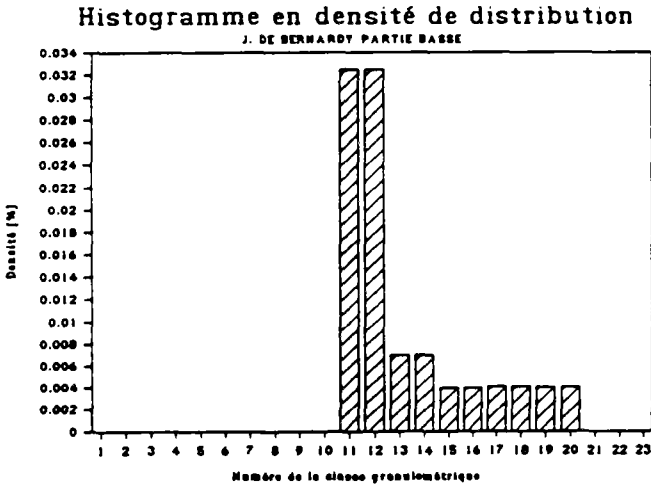
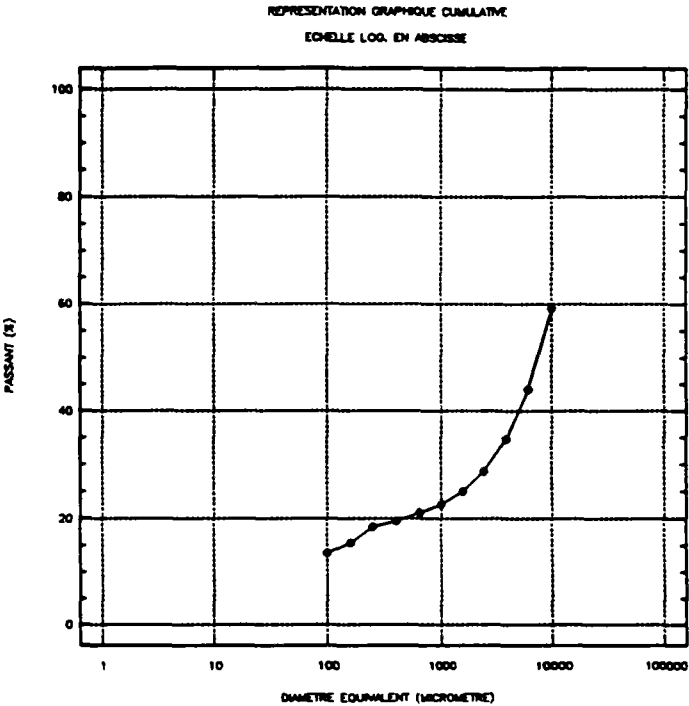
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,369	2,362	0,61500
1,60	2	0,959	2,731	0,95940
2,60	3	1,255	3,690	0,89614
4,00	4	1,255	4,945	0,54548
6,30	5	2,140	6,199	0,57843
10,00	6	3,838	8,339	0,76752
15,00	7	10,332	12,177	1,03320
25,00	8	23,616	22,509	1,57440
40,00	9	17,638	46,125	0,76688
63,00	10	5,090	63,763	0,13757
100,00	11	5,799	68,853	0,09665
160,00	12	3,127	74,652	0,03474
250,00	13	0,578	77,779	0,00385
400,00	14	0,886	78,357	0,00385
630,00	15	0,714	79,243	0,00193
1000,00	16	1,161	79,957	0,00194
1600,00	17	1,041	81,119	0,00116
2500,00	18	1,734	82,159	0,00116
4000,00	19	16,083	83,894	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



J. DE BERNARDY PARTIE BASSE

Moyen de mesure : TAMIS

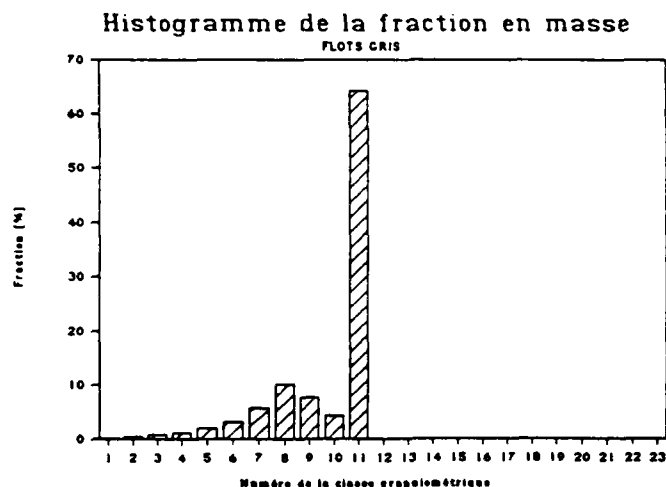
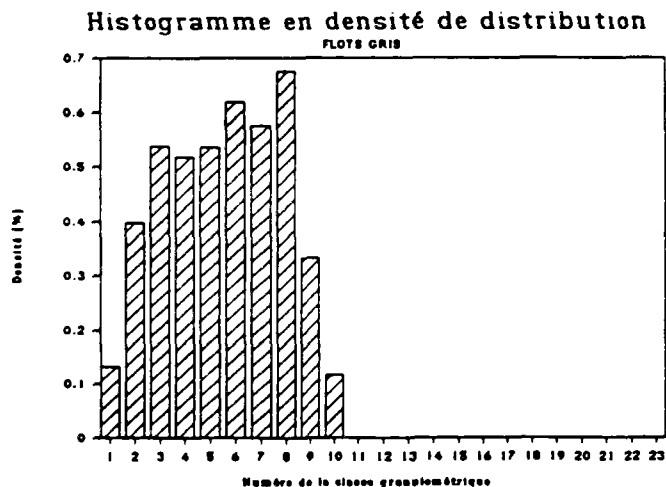
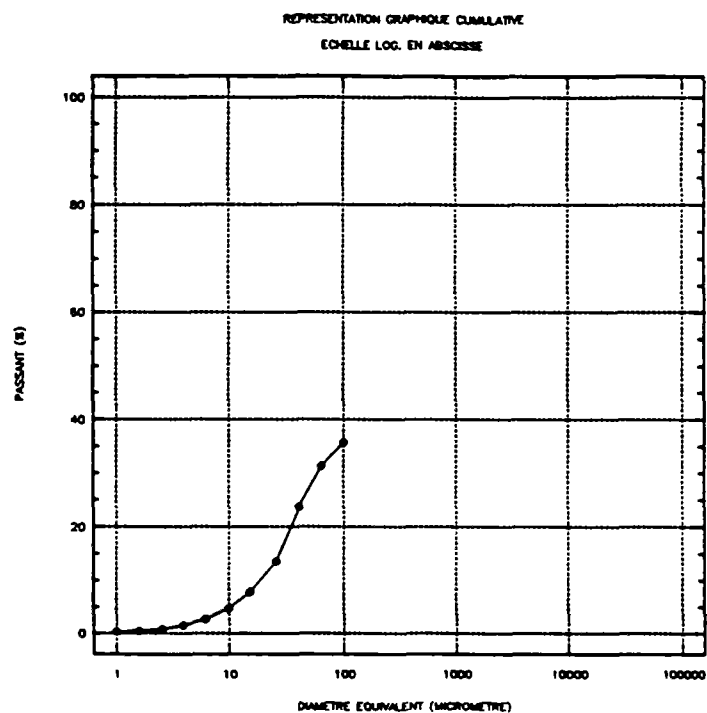
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	1,946	13,600	0,03244
160,00	12	2,919	15,546	0,03244
250,00	13	1,047	18,465	0,00698
400,00	14	1,607	19,512	0,00699
630,00	15	1,478	21,119	0,00399
1000,00	16	2,392	22,597	0,00399
1600,00	17	3,704	24,990	0,00412
2500,00	18	6,174	28,694	0,00412
4000,00	19	9,285	34,868	0,00404
6300,00	20	14,932	44,153	0,00404
10000,00	21	40,914	59,085	
14000,00	22			
25000,00	23			



FLOTS GRIS

Moyen de mesure : TAMIS+CILAS sans ultrasons

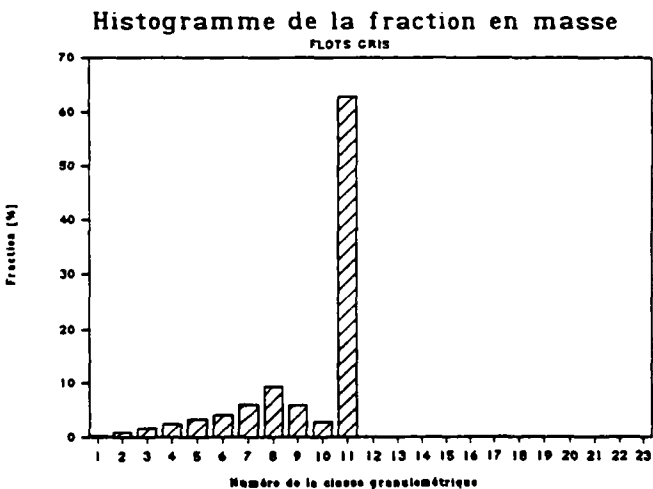
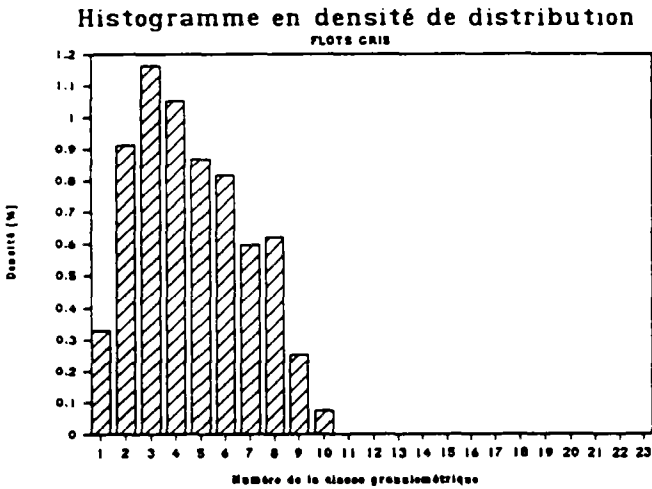
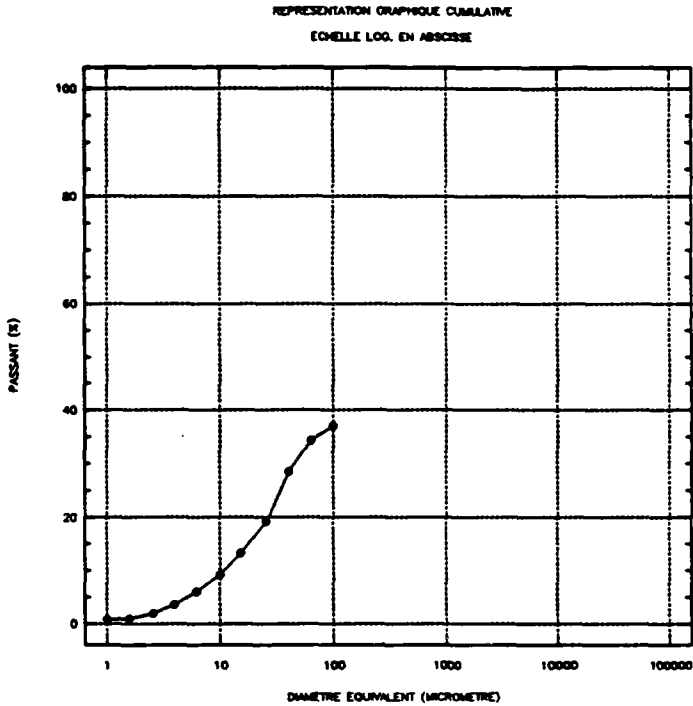
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,079	0,357	0,13233
1,60	2	0,397	0,437	0,39700
2,60	3	0,754	0,834	0,53879
4,00	4	1,191	1,588	0,51783
6,30	5	1,985	2,779	0,53649
10,00	6	3,097	4,764	0,61932
15,00	7	5,756	7,861	0,57565
25,00	8	10,124	13,617	0,67490
40,00	9	7,662	23,741	0,33313
63,00	10	4,330	31,403	0,11703
100,00	11	64,277	35,733	
160,00	12			
250,00	13			
400,00	14			
630,00	15			
1000,00	16			
1600,00	17			
2500,00	18			
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



FLOTS GRIS

Moyen de mesure : TAMIS+CILAS (4min. d'ultrasons)

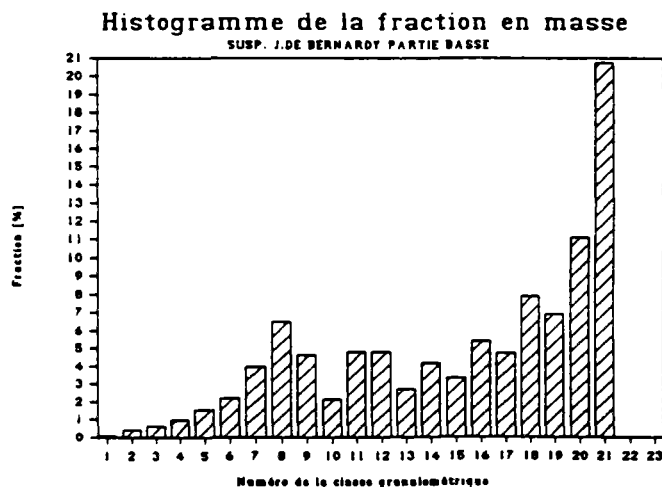
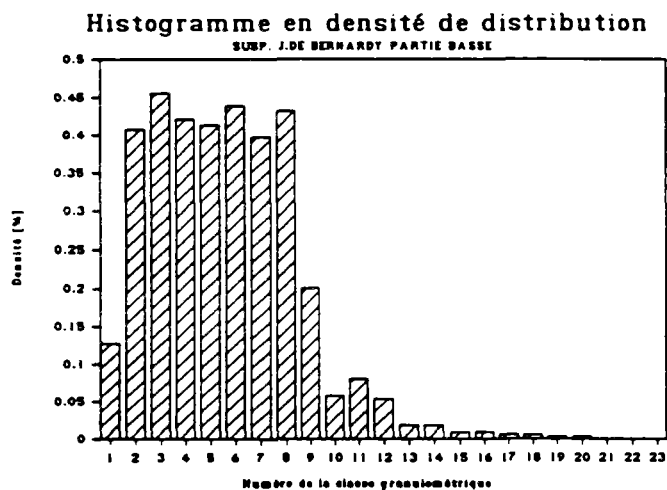
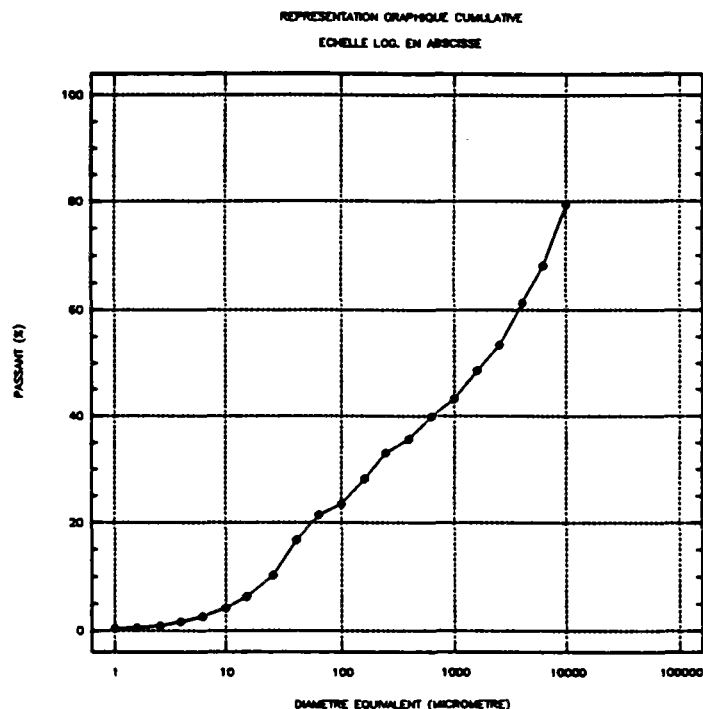
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,199	0,794	0,33083
1,60	2	0,913	0,993	0,91310
2,60	3	1,628	1,906	1,16264
4,00	4	2,422	3,533	1,05291
6,30	5	3,216	5,955	0,86911
10,00	6	4,089	9,171	0,81782
15,00	7	5,955	13,260	0,59550
25,00	8	9,290	19,215	0,61932
40,00	9	5,796	28,505	0,25201
63,00	10	2,740	34,301	0,07405
100,00	11	62,860	37,041	
160,00	12			
250,00	13			
400,00	14			
630,00	15			
1000,00	16			
1600,00	17			
2500,00	18			
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



SUSP. J.DE BERNARDY PARTIE BASSE

Moyen de mesure : TAMIS+ CILAS (0 min d'ultrasons)

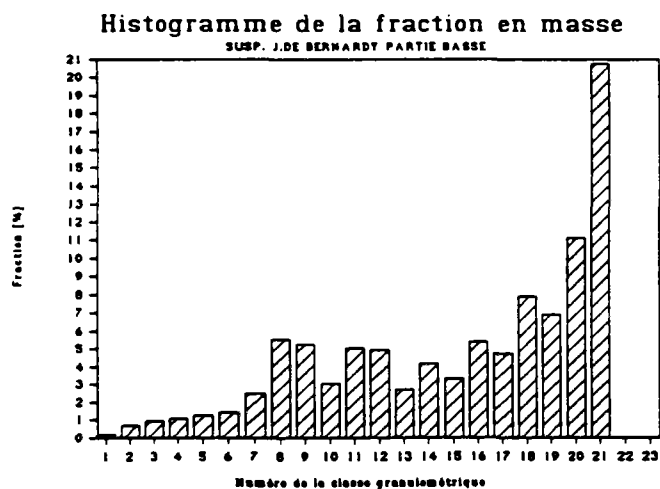
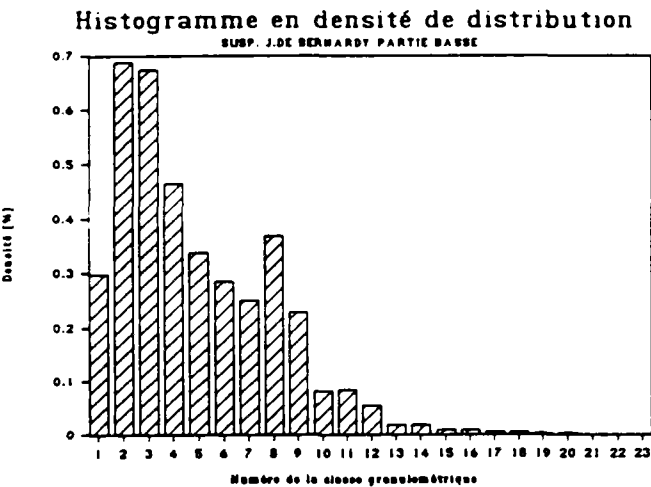
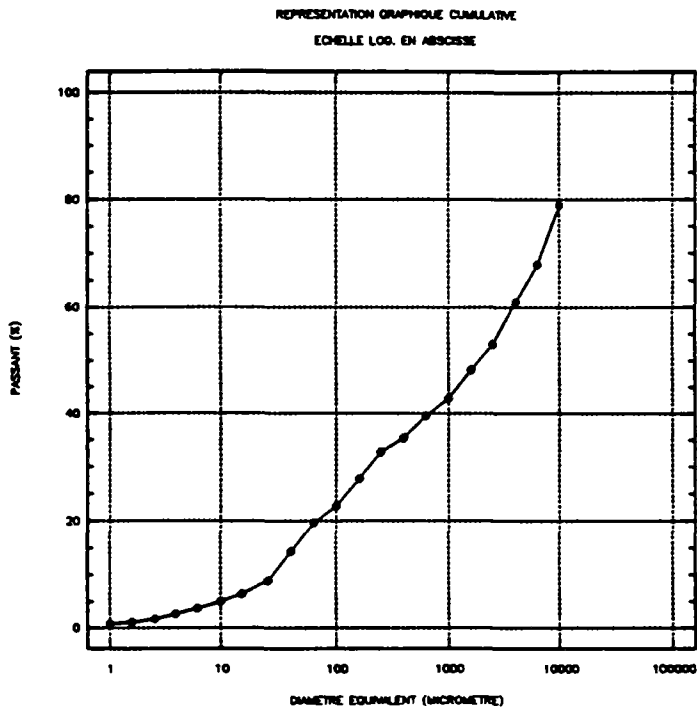
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,076	0,510	0,12750
1,60	2	0,408	0,586	0,40800
2,60	3	0,638	0,994	0,45536
4,00	4	0,969	1,632	0,42130
6,30	5	1,530	2,601	0,41351
10,00	6	2,193	4,131	0,43860
15,00	7	3,978	6,324	0,39780
25,00	8	6,477	10,302	0,43180
40,00	9	4,616	16,779	0,20067
63,00	10	2,120	21,395	0,05730
100,00	11	4,785	23,515	0,07975
160,00	12	4,795	28,299	0,05327
250,00	13	2,701	33,094	0,01800
400,00	14	4,149	35,794	0,01804
630,00	15	3,317	39,943	0,00896
1000,00	16	5,391	43,260	0,00899
1600,00	17	4,736	48,651	0,00526
2500,00	18	7,886	53,387	0,00526
4000,00	19	6,898	61,274	0,00300
6300,00	20	11,106	68,172	0,00300
10000,00	21	20,744	79,278	
14000,00	22			
25000,00	23			



SUSP. J.DE BERNARDY PARTIE BASSE

Moyen de mesure : TAMIS+ CILAS (5 min d'ultrasons)

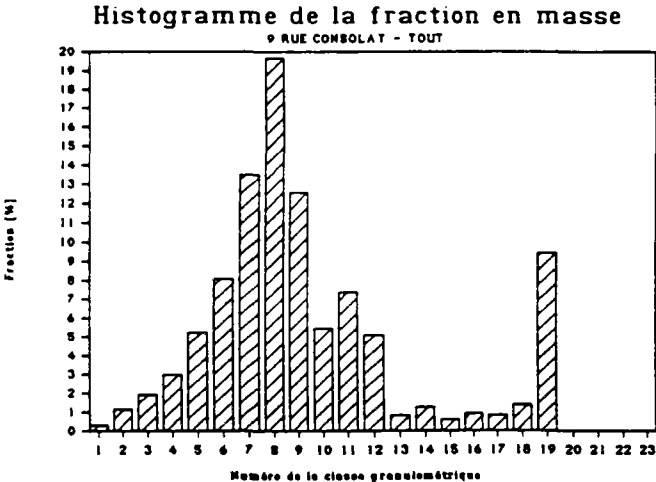
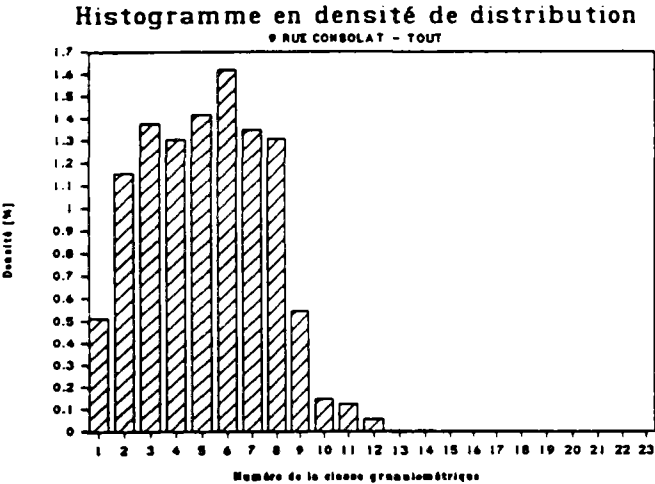
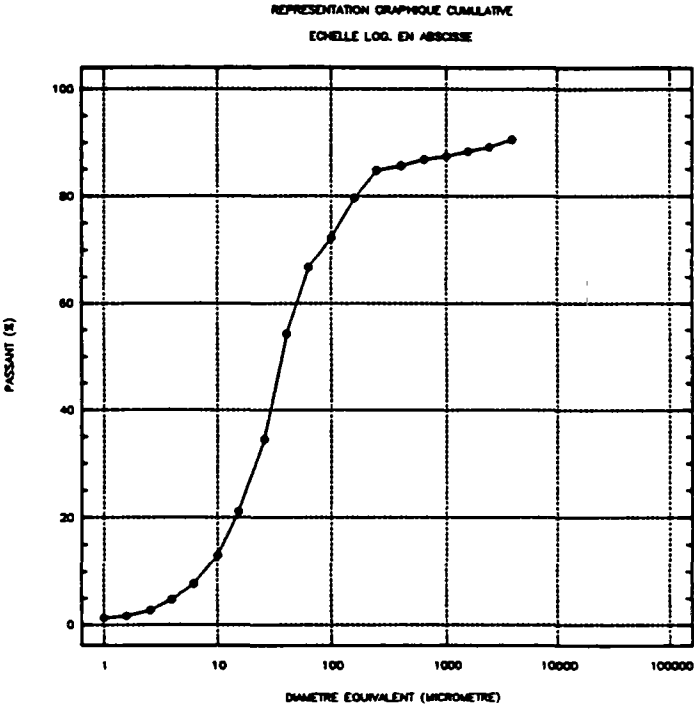
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,179	0,841	0,29750
1,60	2	0,689	1,020	0,68850
2,60	3	0,944	1,709	0,67393
4,00	4	1,071	2,652	0,46565
6,30	5	1,250	3,723	0,33770
10,00	6	1,428	4,973	0,28560
15,00	7	2,499	6,401	0,24990
25,00	8	5,534	8,900	0,36890
40,00	9	5,279	14,433	0,22950
63,00	10	3,030	19,712	0,08189
100,00	11	5,049	22,742	0,08415
160,00	12	4,951	27,790	0,05501
250,00	13	2,701	32,742	0,01800
400,00	14	4,149	35,442	0,01804
630,00	15	3,317	39,591	0,00896
1000,00	16	5,391	42,908	0,00899
1600,00	17	4,736	48,299	0,00526
2500,00	18	7,886	53,035	0,00526
4000,00	19	6,898	60,922	0,00300
6300,00	20	11,106	67,820	0,00300
10000,00	21	20,744	78,925	
14000,00	22			
25000,00	23			



9 RUE CONSOLAT – TOUT

Moyen de mesure : TAMIS+ CILAS (0 min d'ultrasons)

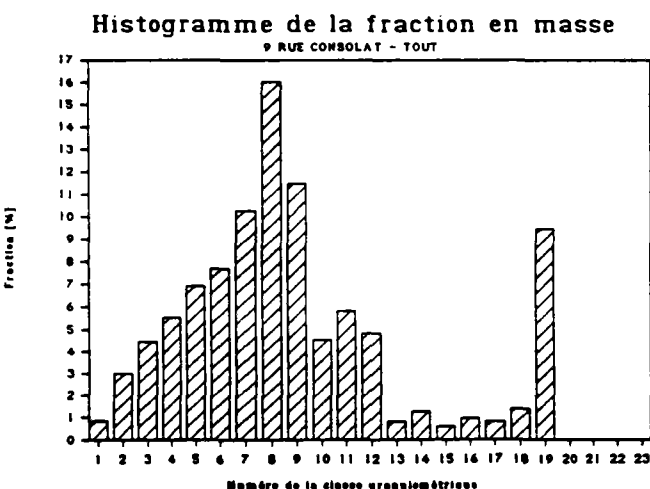
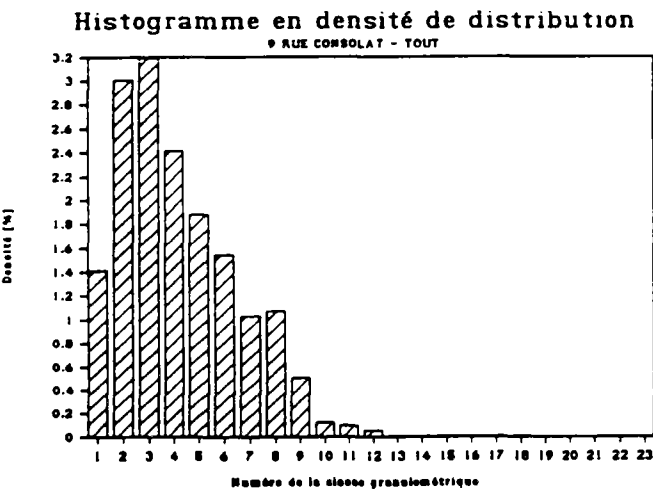
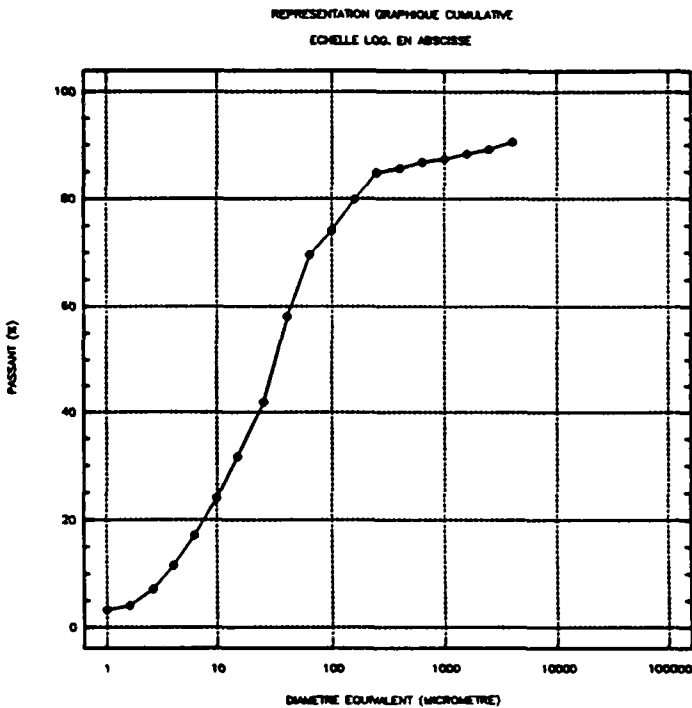
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,308	1,311	0,51400
1,60	2	1,157	1,619	1,15650
2,60	3	1,928	2,776	1,37679
4,00	4	3,007	4,703	1,30735
6,30	5	5,243	7,710	1,41697
10,00	6	8,095	12,953	1,61910
15,00	7	13,493	21,048	1,34925
25,00	8	19,661	34,541	1,31070
40,00	9	12,567	54,201	0,54640
63,00	10	5,470	66,769	0,14784
100,00	11	7,370	72,239	0,12283
160,00	12	5,121	79,608	0,05690
250,00	13	0,819	84,730	0,00546
400,00	14	1,263	85,549	0,00549
630,00	15	0,583	86,812	0,00158
1000,00	16	0,944	87,395	0,00157
1600,00	17	0,833	88,339	0,00093
2500,00	18	1,388	89,171	0,00093
4000,00	19	9,438	90,559	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



9 RUE CONSOLAT - TOUT

Moyen de mesure : TAMIS+ CILAS (5 min d'ultrasons)

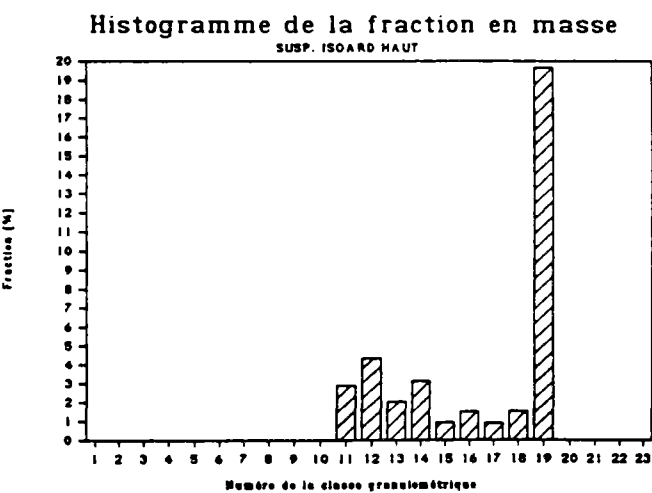
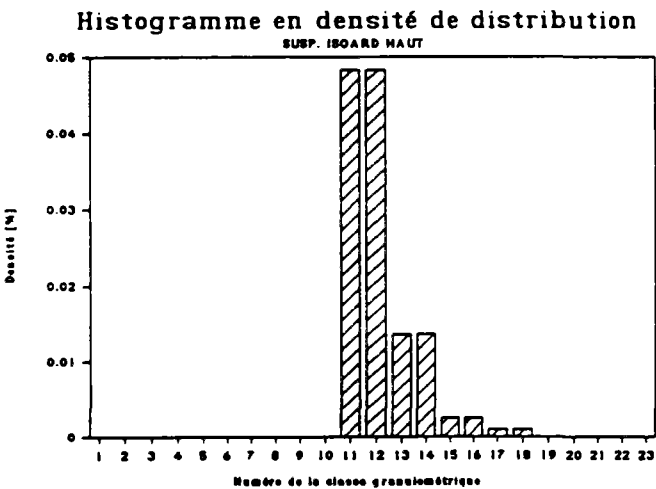
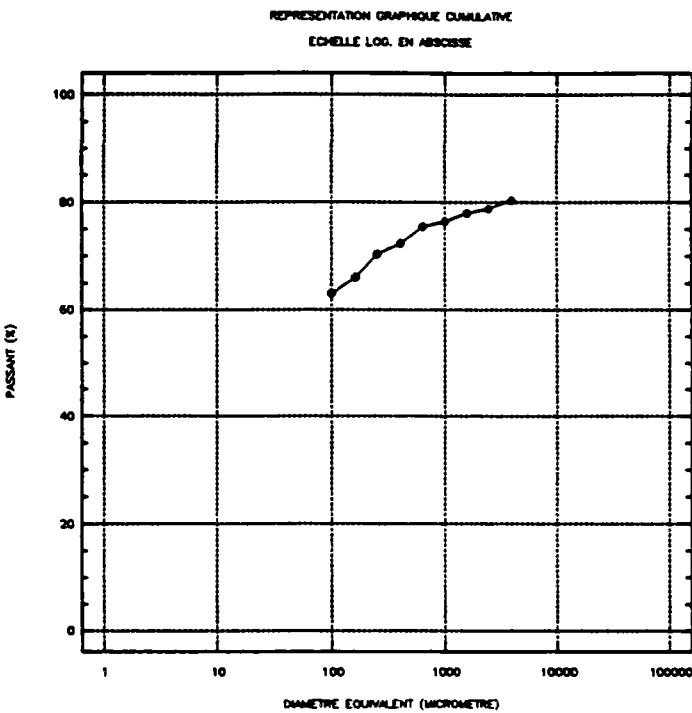
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,848	3,238	1,41350
1,60	2	3,007	4,086	3,00690
2,60	3	4,472	7,093	3,19414
4,00	4	5,551	11,565	2,41357
6,30	5	6,939	17,116	1,87541
10,00	6	7,710	24,055	1,54200
15,00	7	10,254	31,765	1,02543
25,00	8	16,037	42,020	1,06912
40,00	9	11,488	58,056	0,49947
63,00	10	4,550	69,544	0,12297
100,00	11	5,829	74,094	0,09715
160,00	12	4,816	79,923	0,05351
250,00	13	0,819	84,740	0,00546
400,00	14	1,263	85,558	0,00549
630,00	15	0,583	86,821	0,00158
1000,00	16	0,944	87,404	0,00157
1600,00	17	0,833	88,348	0,00093
2500,00	18	1,388	89,181	0,00093
4000,00	19	9,438	90,569	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



SUSP. ISOARD HAUT

Moyen de mesure : TAMIS

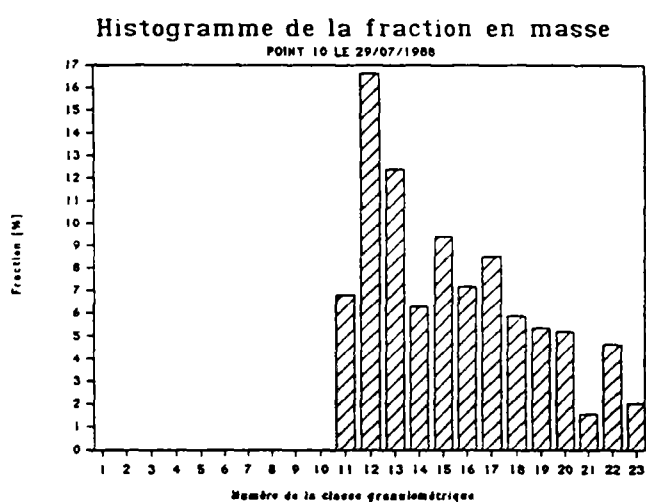
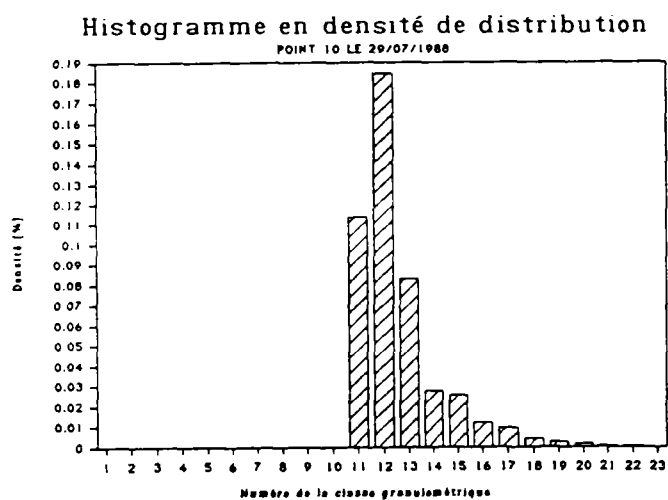
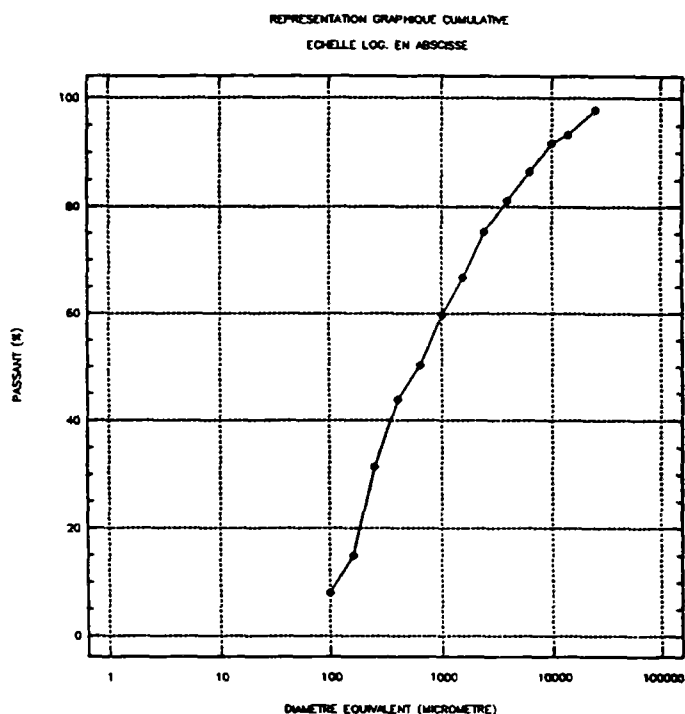
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	2,899	63,100	0,04831
160,00	12	4,348	65,999	0,04831
250,00	13	2,036	70,346	0,01357
400,00	14	3,140	72,382	0,01365
630,00	15	0,932	75,522	0,00252
1000,00	16	1,484	76,454	0,00247
1600,00	17	0,897	77,938	0,00100
2500,00	18	1,518	78,835	0,00101
4000,00	19	19,669	80,353	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



POINT 10 LE 29/07/1988

Moyen de mesure : TAMIS

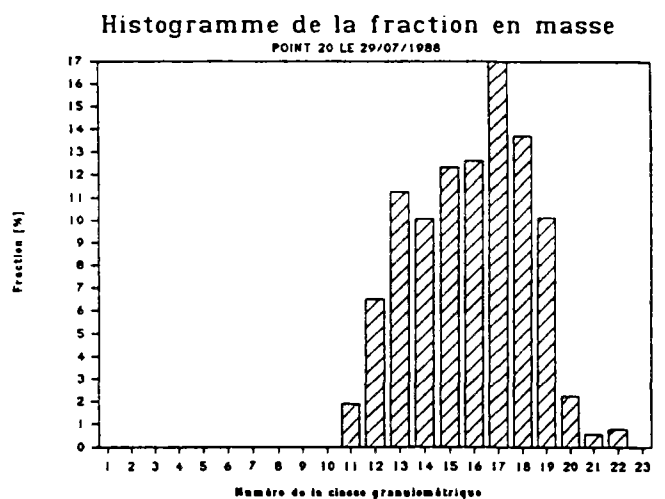
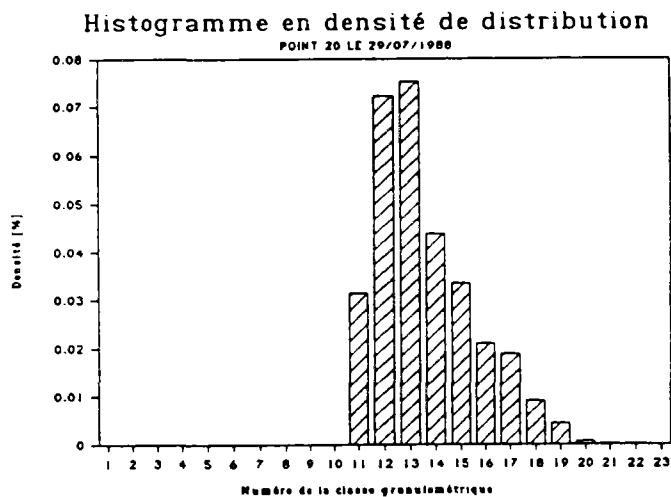
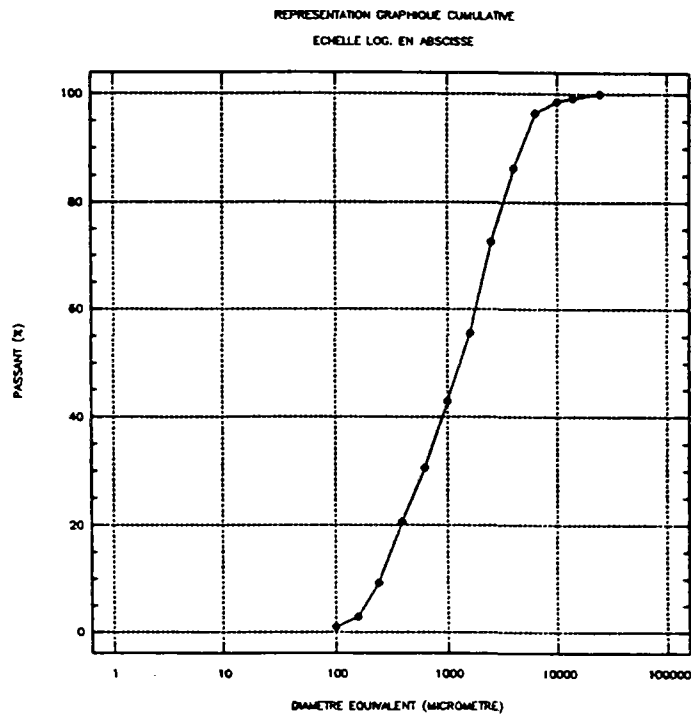
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	6,826	8,010	0,11377
160,00	12	16,613	14,836	0,18459
250,00	13	12,412	31,449	0,08275
400,00	14	6,315	43,861	0,02746
630,00	15	9,411	50,176	0,02544
1000,00	16	7,196	59,587	0,01199
1600,00	17	8,524	66,784	0,00947
2500,00	18	5,861	75,307	0,00391
4000,00	19	5,372	81,168	0,00234
6300,00	20	5,206	86,540	0,00141
10000,00	21	1,565	91,745	0,00039
14000,00	22	4,628	93,311	0,00042
25000,00	23	2,050	97,938	



POINT 20 LE 29/07/1988

Moyen de mesure : TAMIS

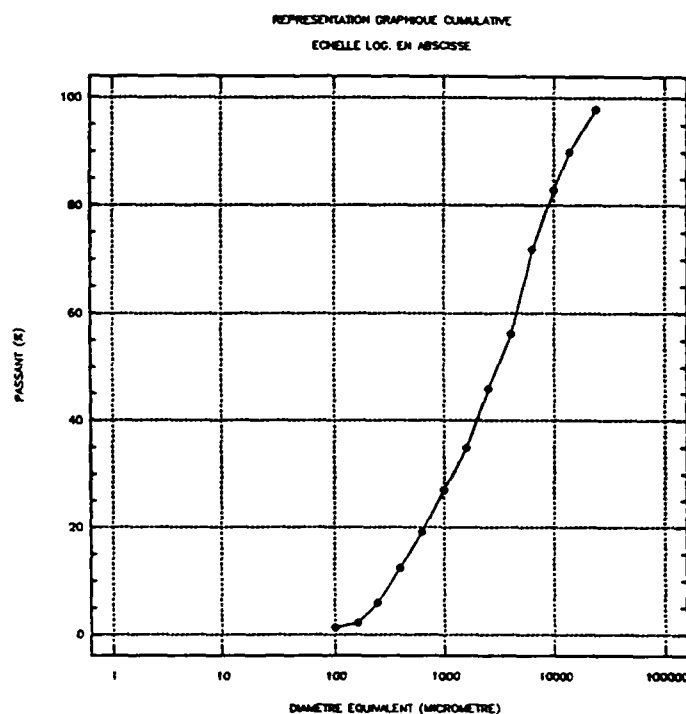
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	1,888	0,940	0,03147
160,00	12	6,497	2,828	0,07219
250,00	13	11,263	9,325	0,07509
400,00	14	10,045	20,588	0,04367
630,00	15	12,338	30,633	0,03335
1000,00	16	12,623	42,972	0,02104
1600,00	17	16,988	55,595	0,01888
2500,00	18	13,717	72,582	0,00914
4000,00	19	10,110	86,299	0,00440
6300,00	20	2,223	96,409	0,00060
10000,00	21	0,567	98,631	0,00014
14000,00	22	0,797	99,198	0,00007
25000,00	23	0,000	99,995	



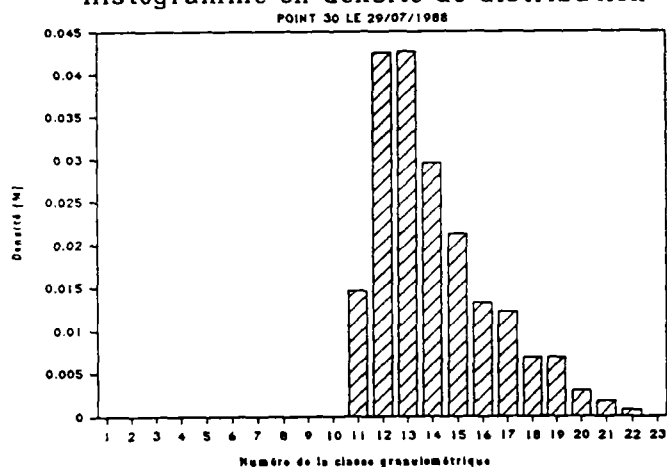
POINT 30 LE 29/07/1988

Moyen de mesure : TAMIS

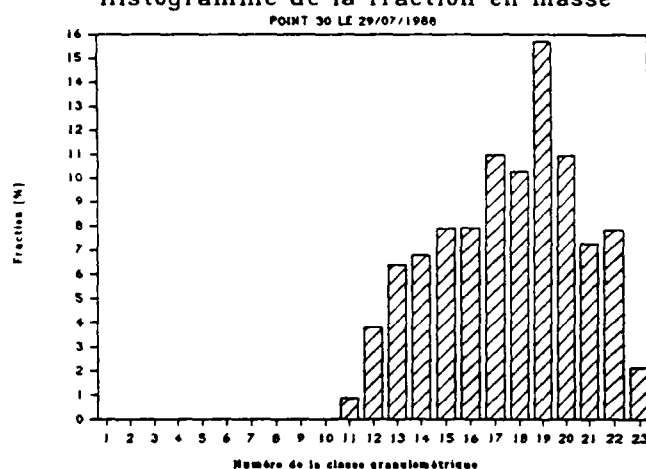
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,881	1,250	0,01469
160,00	12	3,827	2,131	0,04253
250,00	13	6,402	5,959	0,04268
400,00	14	6,800	12,360	0,02956
630,00	15	7,884	19,160	0,02131
1000,00	16	7,912	27,044	0,01319
1600,00	17	10,963	34,956	0,01218
2500,00	18	10,259	45,919	0,00684
4000,00	19	15,705	56,178	0,00683
6300,00	20	10,930	71,884	0,00295
10000,00	21	7,234	82,814	0,00181
14000,00	22	7,829	90,047	0,00071
25000,00	23	2,140	97,876	



Histogramme en densité de distribution



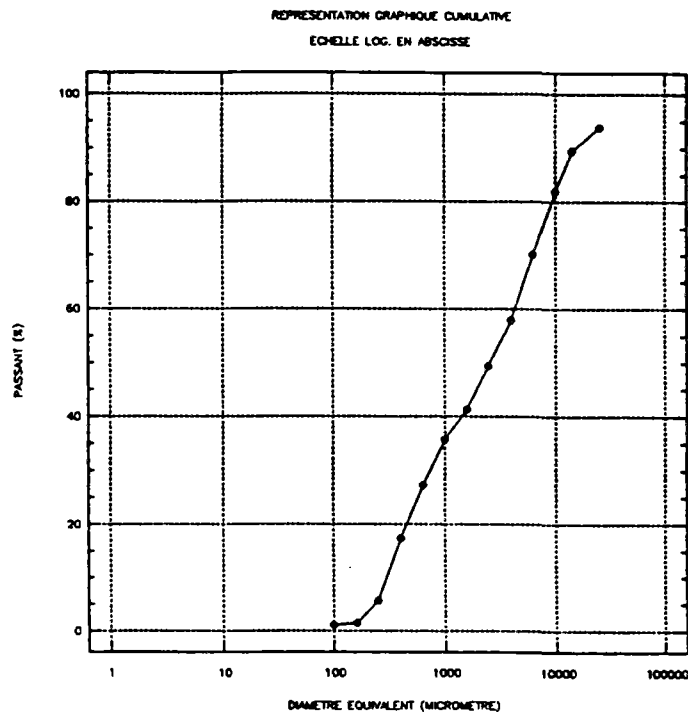
Histogramme de la fraction en masse



POINT 37 LE 29/07/1988

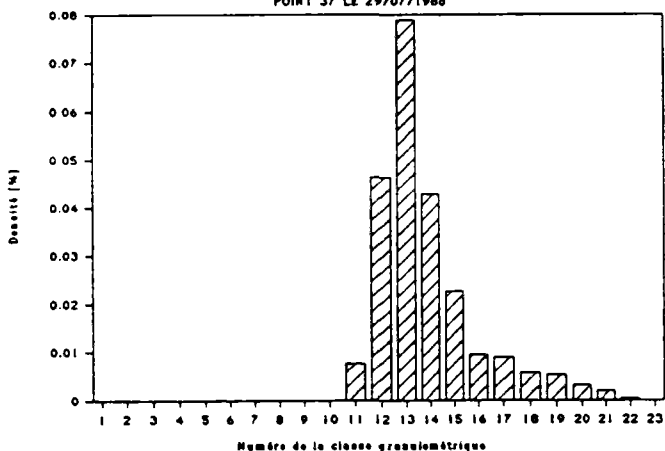
Moyen de mesure : TAMIS

Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,458	1,010	0,00764
160,00	12	4,158	1,468	0,04620
250,00	13	11,825	5,626	0,07883
400,00	14	9,852	17,451	0,04284
630,00	15	8,407	27,303	0,02272
1000,00	16	5,681	35,710	0,00947
1600,00	17	8,021	41,391	0,00891
2500,00	18	8,493	49,412	0,00566
4000,00	19	12,227	57,905	0,00532
6300,00	20	11,781	70,133	0,00318
10000,00	21	7,650	81,914	0,00191
14000,00	22	4,391	89,564	0,00040
25000,00	23	6,054	93,955	



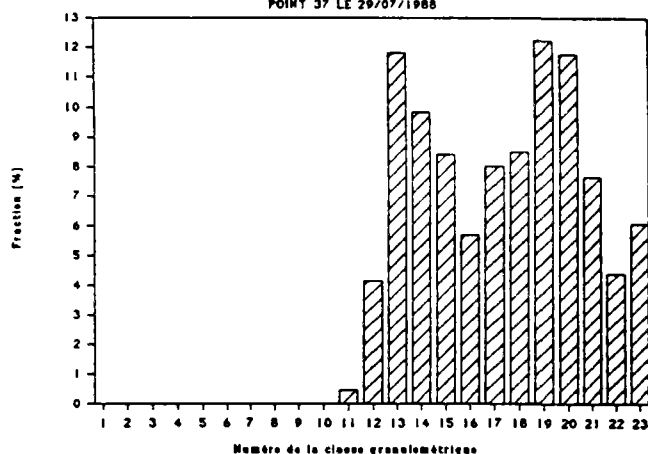
Histogramme en densité de distribution

POINT 37 LE 29/07/1988



Histogramme de la fraction en masse

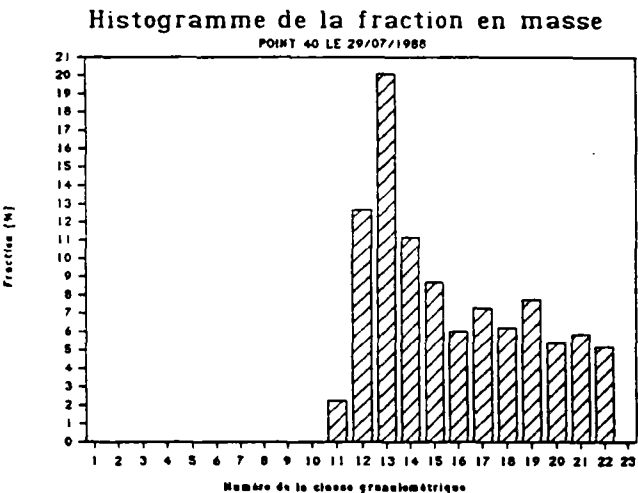
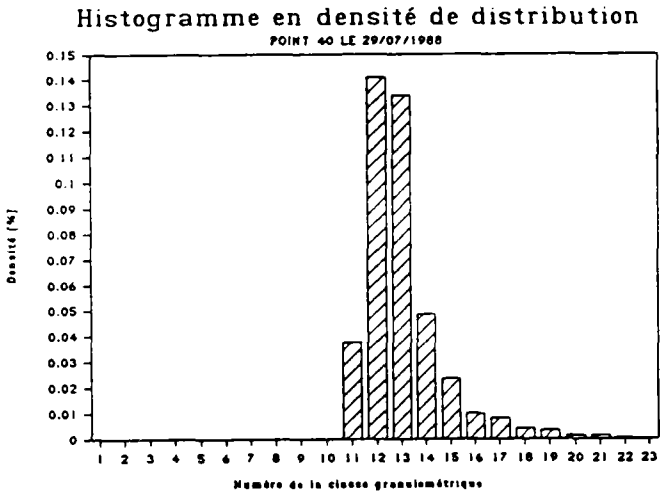
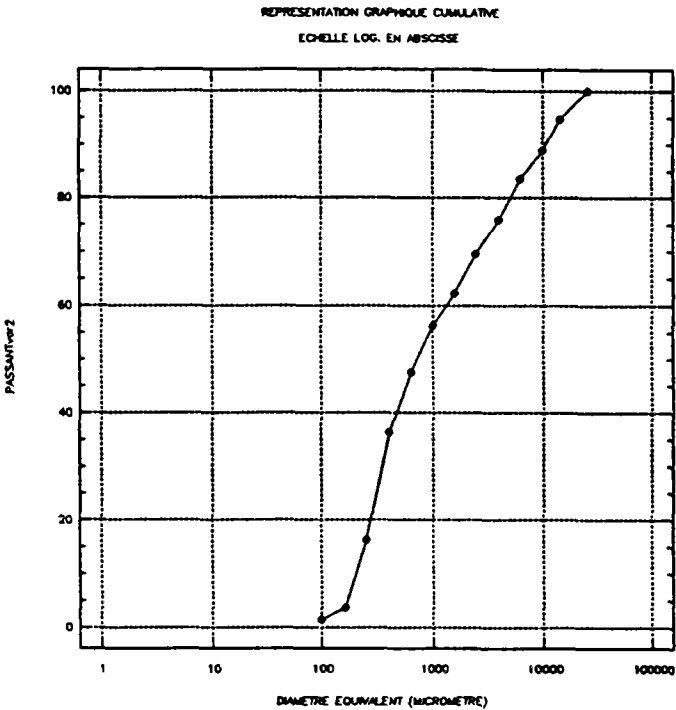
POINT 37 LE 29/07/1988



POINT 40 LE 29/07/1988

Moyen de mesure : TAMIS

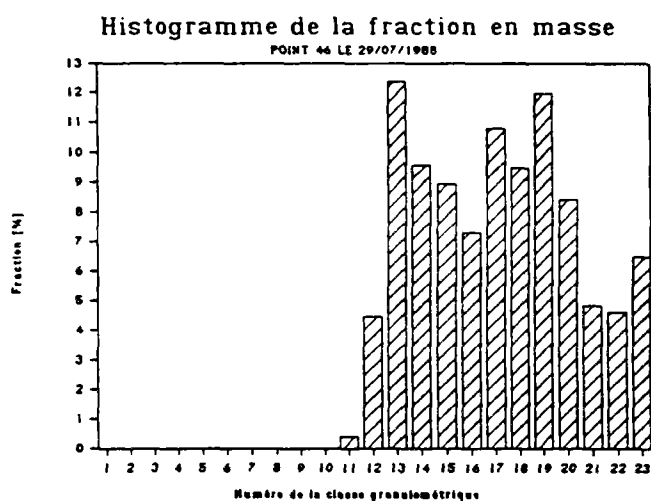
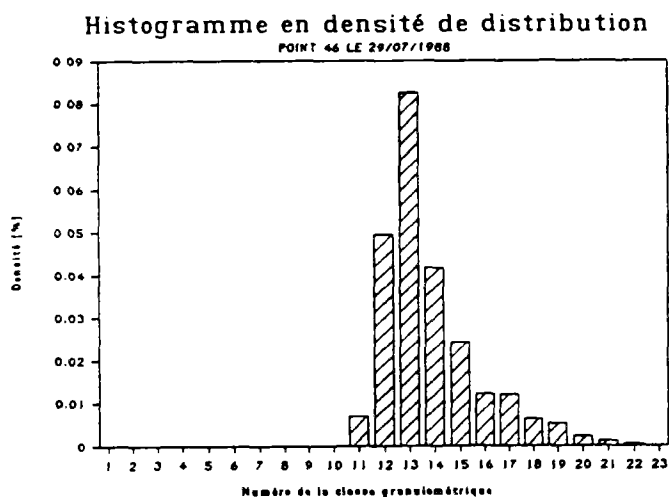
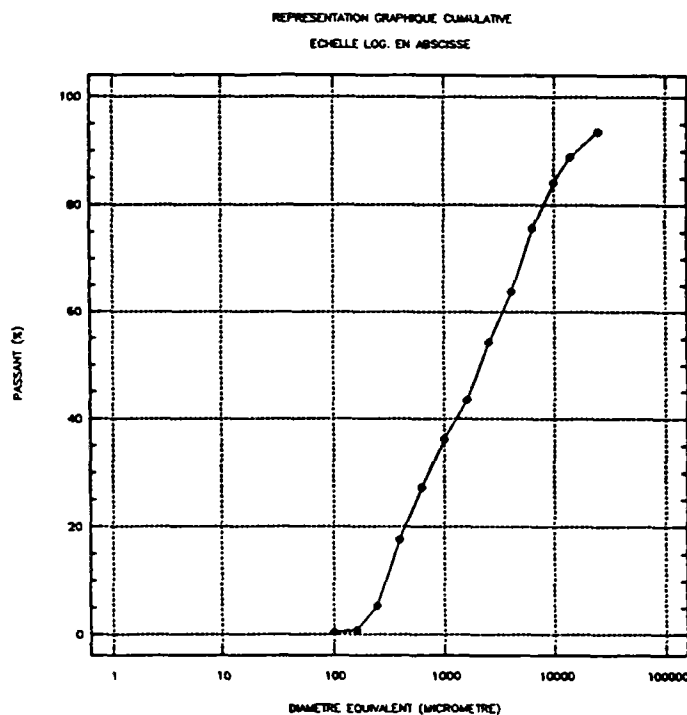
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	2,247	1,430	0,03746
160,00	12	12,684	3,677	0,14093
250,00	13	20,082	16,361	0,13388
400,00	14	11,157	36,443	0,04851
630,00	15	8,709	47,600	0,02354
1000,00	16	5,976	56,309	0,00996
1600,00	17	7,275	62,285	0,00808
2500,00	18	6,218	69,559	0,00415
4000,00	19	7,766	75,777	0,00338
6300,00	20	5,396	83,543	0,00146
10000,00	21	5,861	88,939	0,00147
14000,00	22	5,188	94,800	0,00047
25000,00	23	0,000	99,988	



POINT 46 LE 29/07/1988

Moyen de mesure : TAMIS

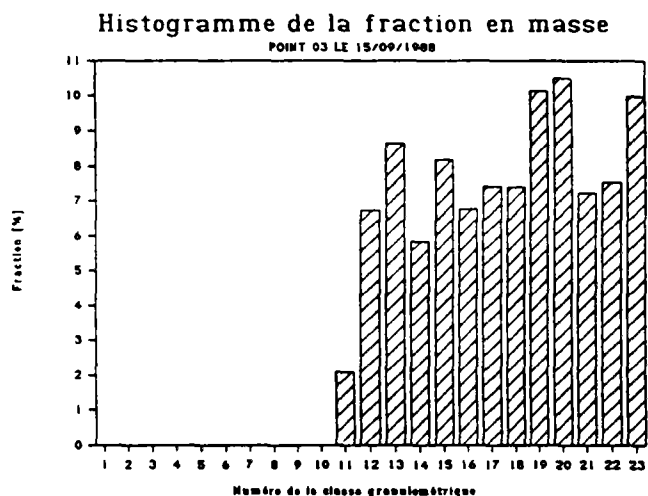
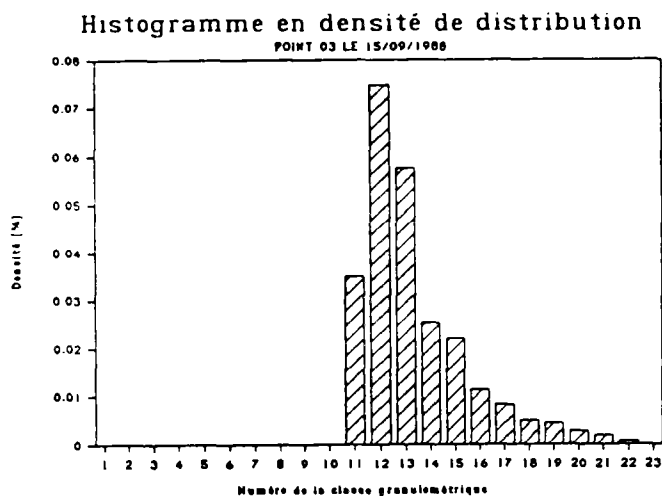
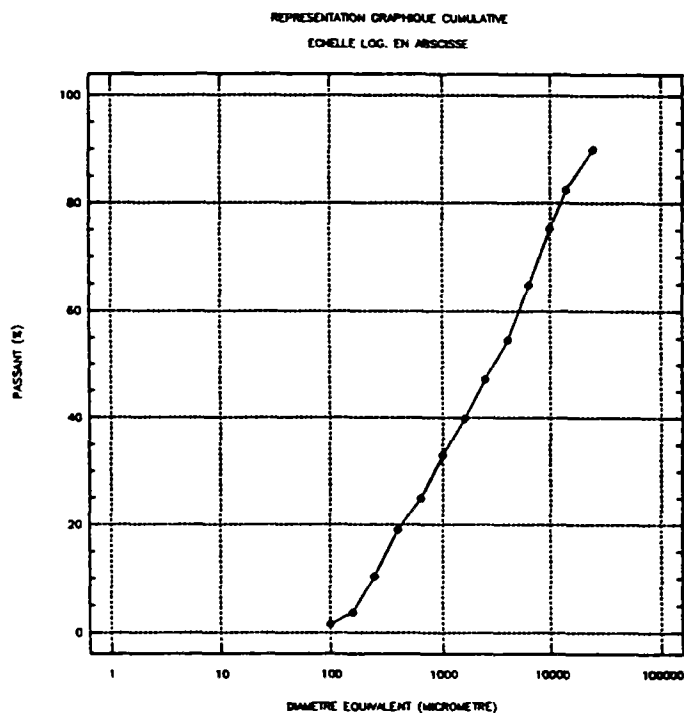
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,409	0,450	0,00682
160,00	12	4,457	0,859	0,04952
250,00	13	12,373	5,316	0,08248
400,00	14	9,567	17,688	0,04160
630,00	15	8,925	27,255	0,02412
1000,00	16	7,289	36,181	0,01215
1600,00	17	10,800	43,470	0,01200
2500,00	18	9,479	54,270	0,00632
4000,00	19	11,965	63,749	0,00520
6300,00	20	8,401	75,713	0,00227
10000,00	21	4,813	84,115	0,00120
14000,00	22	4,607	88,927	0,00042
25000,00	23	6,463	93,534	



POINT 03 LE 15/09/1988

Moyen de mesure : TAMIS

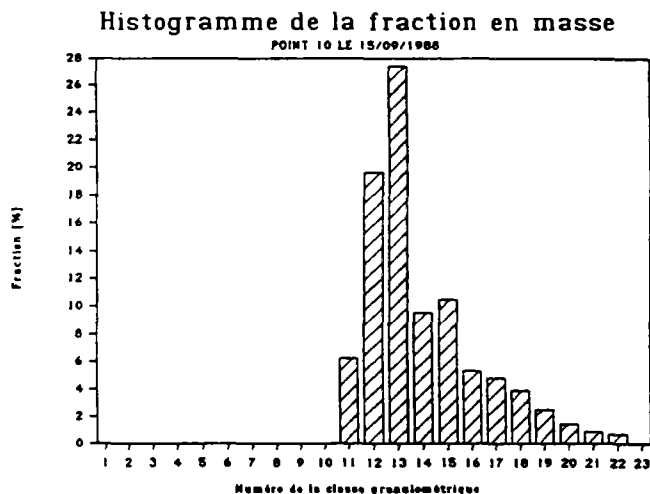
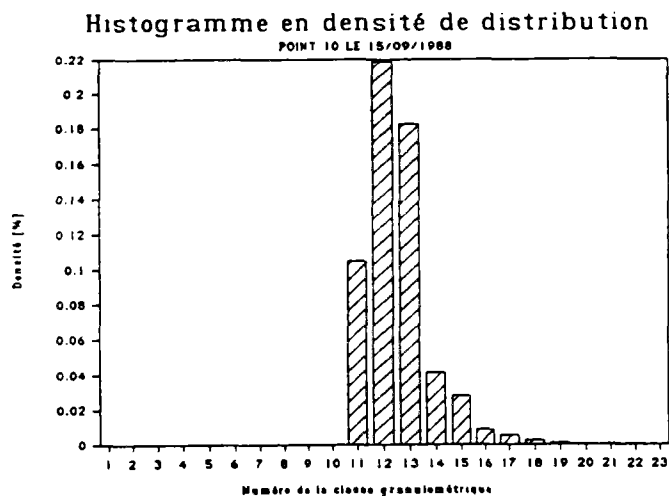
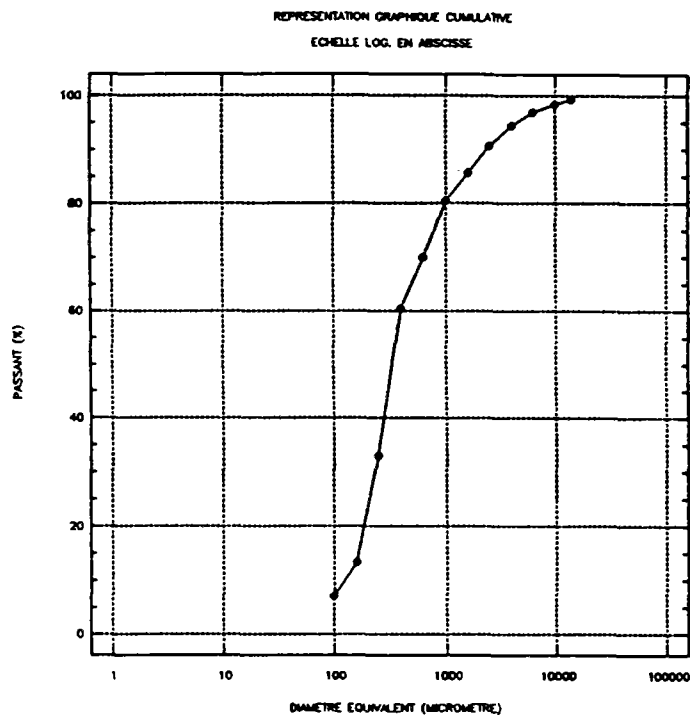
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	2,104	1,590	0,03507
160,00	12	6,722	3,694	0,07469
250,00	13	8,637	10,416	0,05758
400,00	14	5,826	19,053	0,02533
630,00	15	8,181	24,879	0,02211
1000,00	16	6,769	33,060	0,01128
1600,00	17	7,403	39,830	0,00823
2500,00	18	7,393	47,232	0,00493
4000,00	19	10,125	54,625	0,00440
6300,00	20	10,497	64,750	0,00284
10000,00	21	7,218	75,247	0,00180
14000,00	22	7,542	82,466	0,00069
25000,00	23	9,986	90,008	



POINT 10 LE 15/09/1988

Moyen de mesure : TAMIS

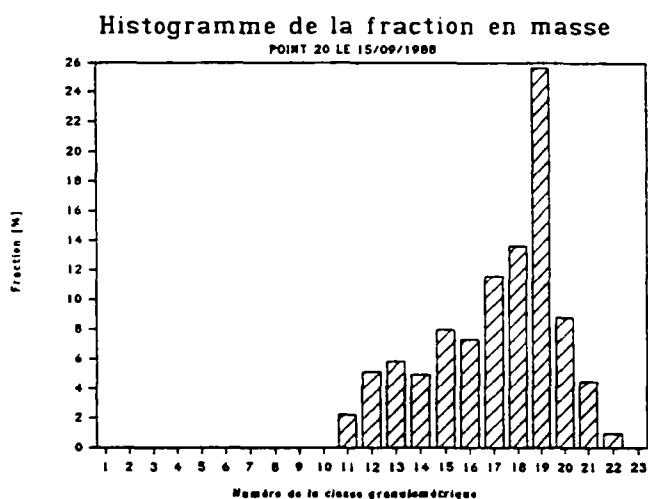
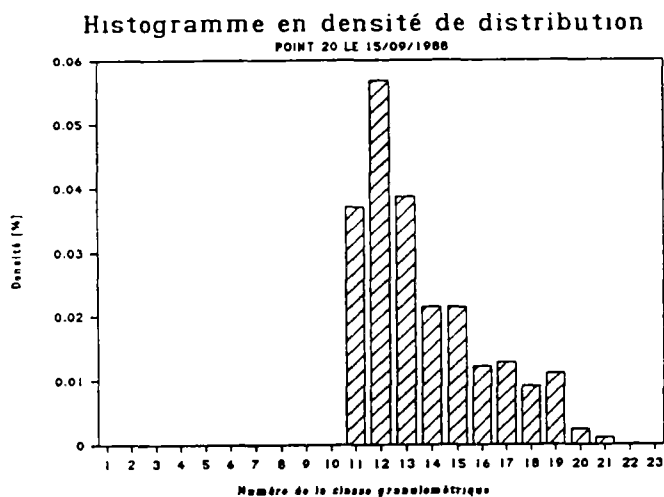
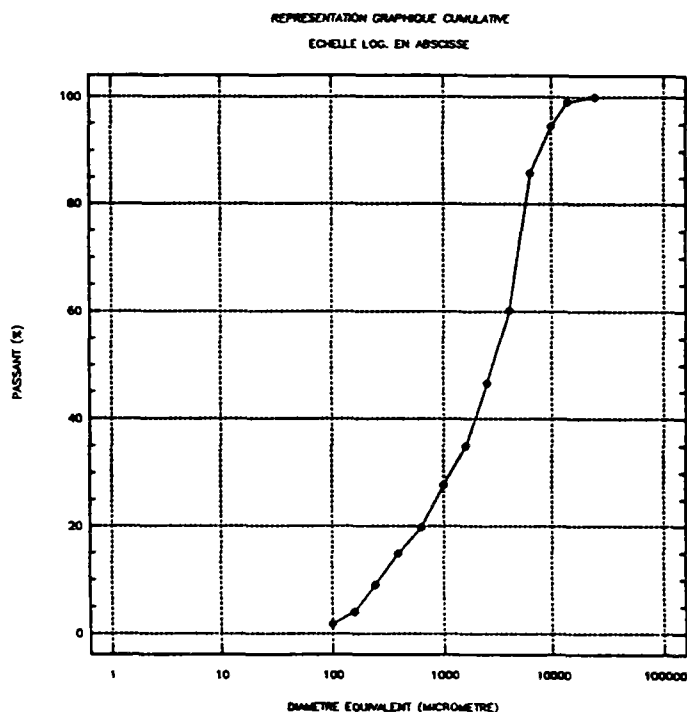
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	6,281	7,110	0,10469
160,00	12	19,661	13,391	0,21846
250,00	13	27,371	33,053	0,18248
400,00	14	9,533	60,424	0,04145
630,00	15	10,466	69,956	0,02829
1000,00	16	5,346	80,423	0,00891
1600,00	17	4,801	85,769	0,00533
2500,00	18	3,895	90,570	0,00260
4000,00	19	2,514	94,465	0,00109
6300,00	20	1,441	96,979	0,00039
10000,00	21	0,877	98,420	0,00022
14000,00	22	0,708	99,298	0,00006
25000,00	23	0,000	100,005	



POINT 20 LE 15/09/1988

Moyen de mesure : TAMIS

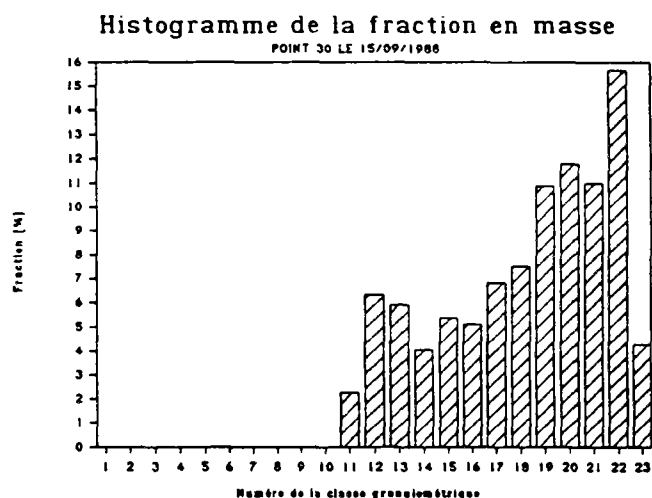
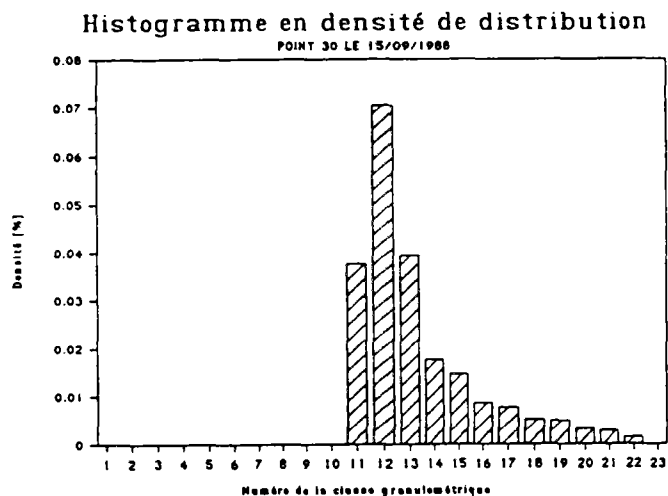
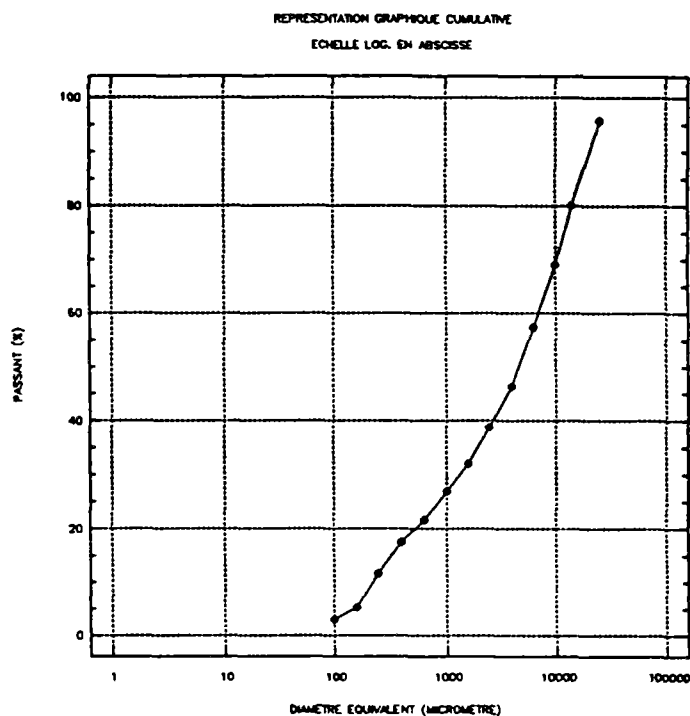
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	2,225	1,770	0,03709
160,00	12	5,109	3,995	0,05677
250,00	13	5,797	9,104	0,03865
400,00	14	4,928	14,901	0,02143
630,00	15	7,946	19,830	0,02148
1000,00	16	7,311	27,775	0,01218
1600,00	17	11,547	35,086	0,01283
2500,00	18	13,579	46,633	0,00905
4000,00	19	25,629	60,212	0,01114
6300,00	20	8,782	85,841	0,00237
10000,00	21	4,421	94,623	0,00111
14000,00	22	0,943	99,044	0,00009
25000,00	23	0,000	99,988	



POINT 30 LE 15/09/1988

Moyen de mesure : TAMIS

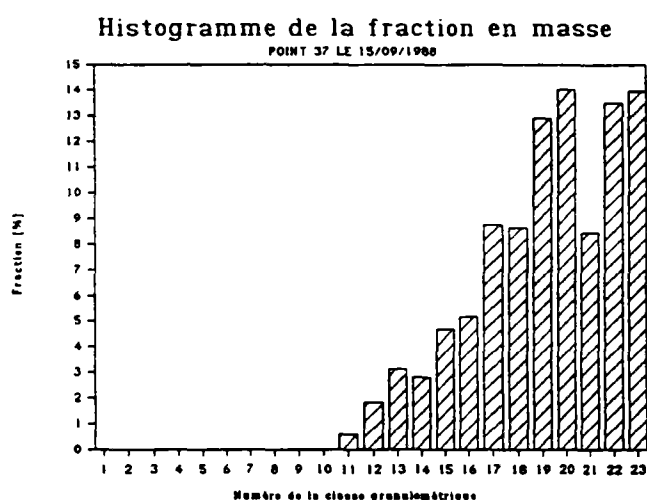
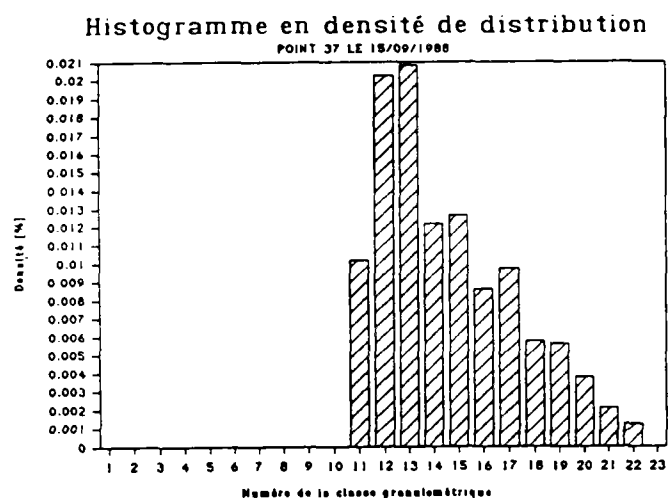
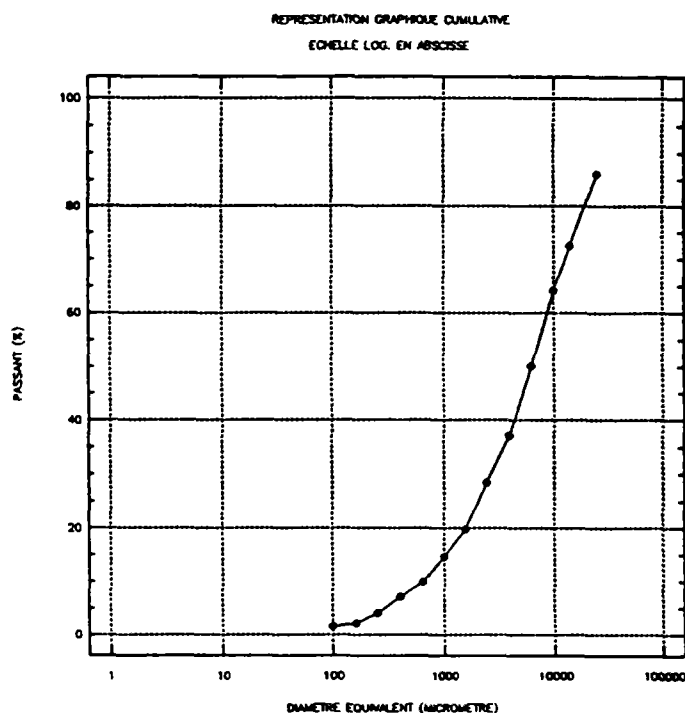
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	2,254	3,030	0,03757
160,00	12	6,346	5,284	0,07051
250,00	13	5,893	11,630	0,03929
400,00	14	4,066	17,523	0,01768
630,00	15	5,381	21,589	0,01454
1000,00	16	5,106	26,971	0,00851
1600,00	17	6,825	32,076	0,00758
2500,00	18	7,521	38,901	0,00501
4000,00	19	10,872	46,422	0,00473
6300,00	20	11,781	57,294	0,00318
10000,00	21	10,990	69,076	0,00275
14000,00	22	15,667	80,066	0,00142
25000,00	23	4,266	95,733	



POINT 37 LE 15/09/1988

Moyen de mesure : TAMIS

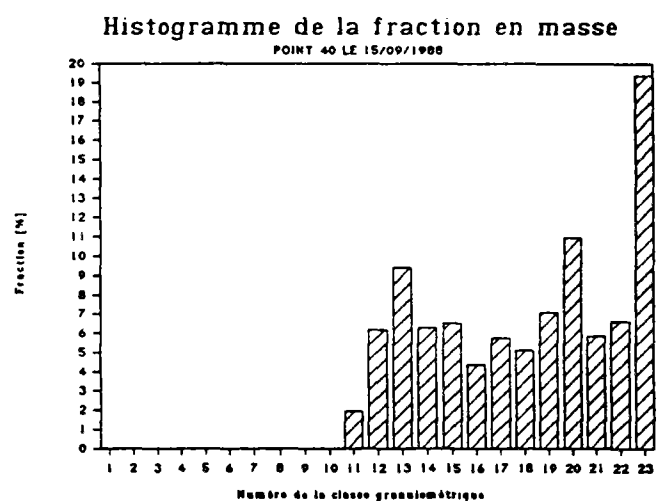
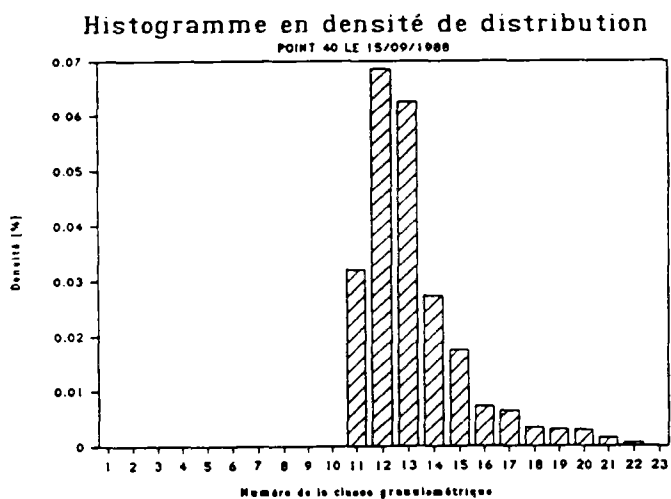
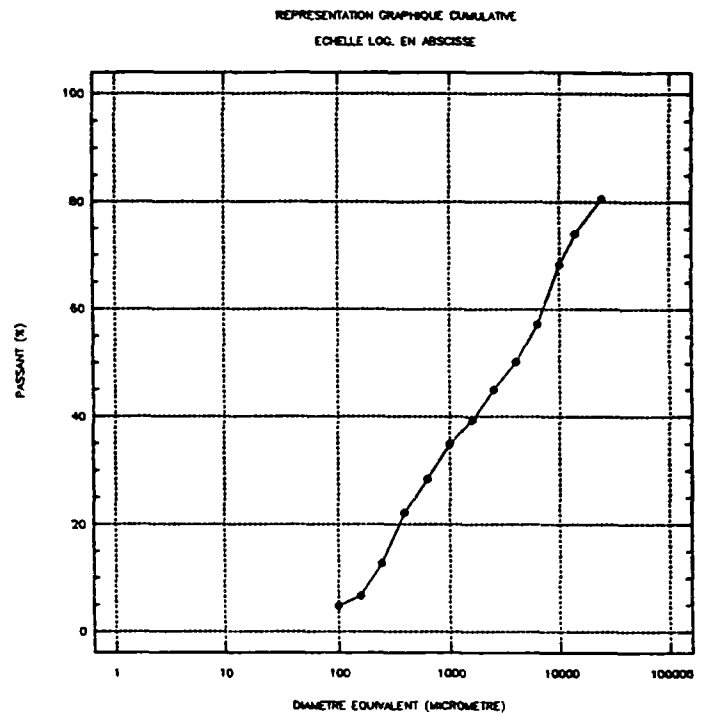
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,610	1,570	0,01017
160,00	12	1,823	2,180	0,02025
250,00	13	3,121	4,003	0,02081
400,00	14	2,797	7,124	0,01216
630,00	15	4,677	9,922	0,01264
1000,00	16	5,152	14,599	0,00859
1600,00	17	8,752	19,750	0,00972
2500,00	18	8,645	28,502	0,00576
4000,00	19	12,911	37,147	0,00561
6300,00	20	14,031	50,058	0,00379
10000,00	21	8,439	64,089	0,00211
14000,00	22	13,516	72,528	0,00123
25000,00	23	13,961	86,044	



POINT 40 LE 15/09/1988

Moyen de mesure : TAMIS

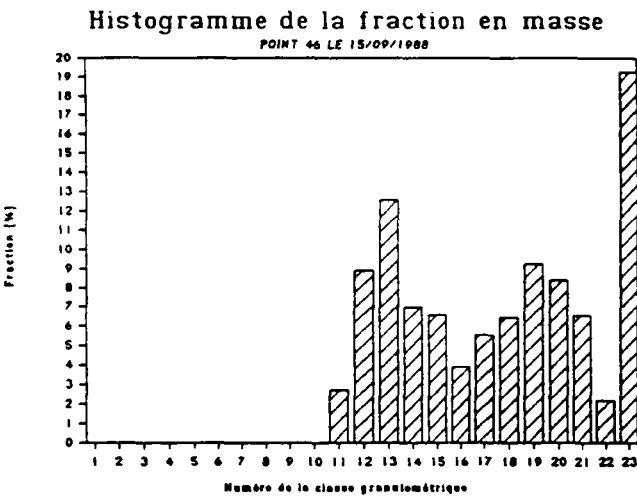
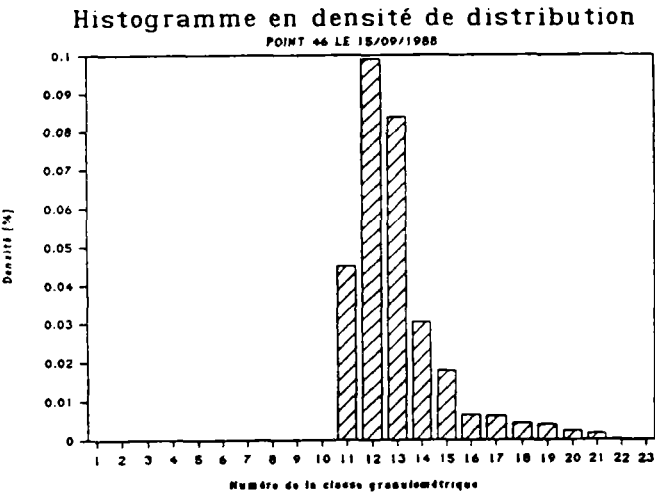
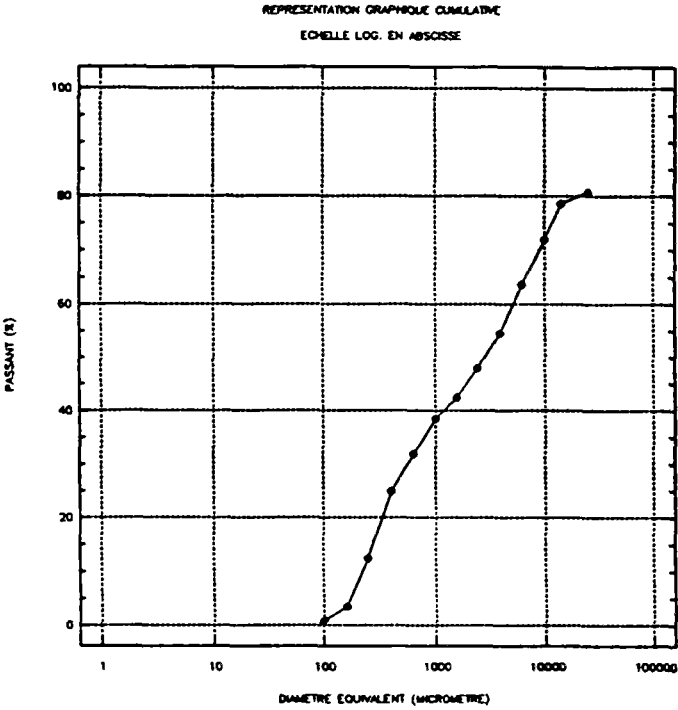
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	1,922	4,700	0,03203
160,00	12	6,176	6,622	0,06863
250,00	13	9,380	12,798	0,06253
400,00	14	6,284	22,178	0,02732
630,00	15	6,507	28,463	0,01759
1000,00	16	4,358	34,970	0,00726
1600,00	17	5,725	39,328	0,00636
2500,00	18	5,114	45,053	0,00341
4000,00	19	7,066	50,167	0,00307
6300,00	20	10,941	57,232	0,00296
10000,00	21	5,843	68,173	0,00146
14000,00	22	6,624	74,016	0,00060
25000,00	23	19,364	80,641	



POINT 46 LE 15/09/1988

Moyen de mesure : TAMIS

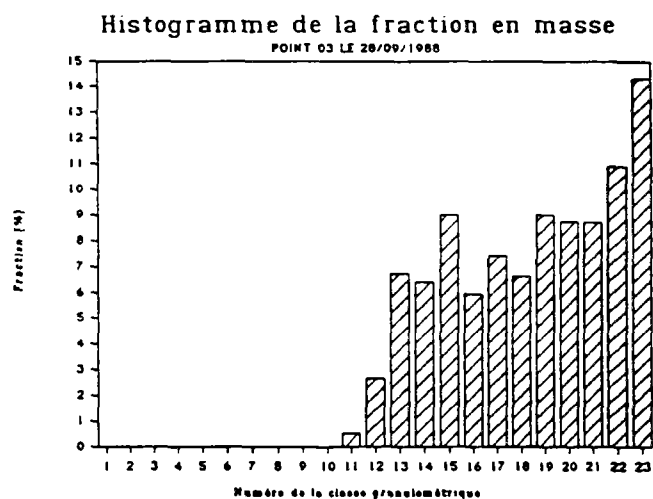
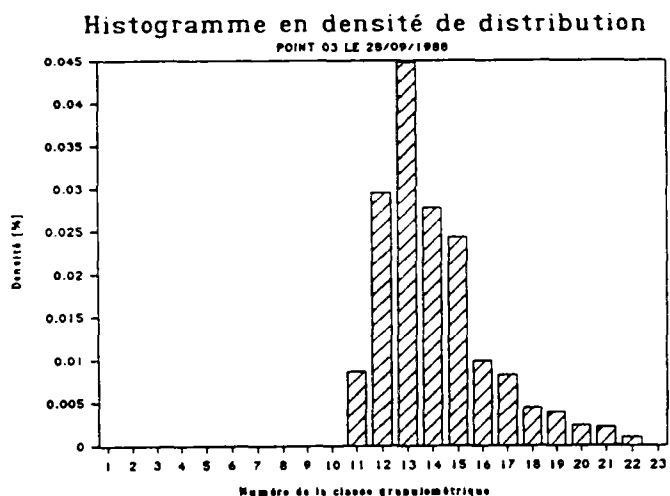
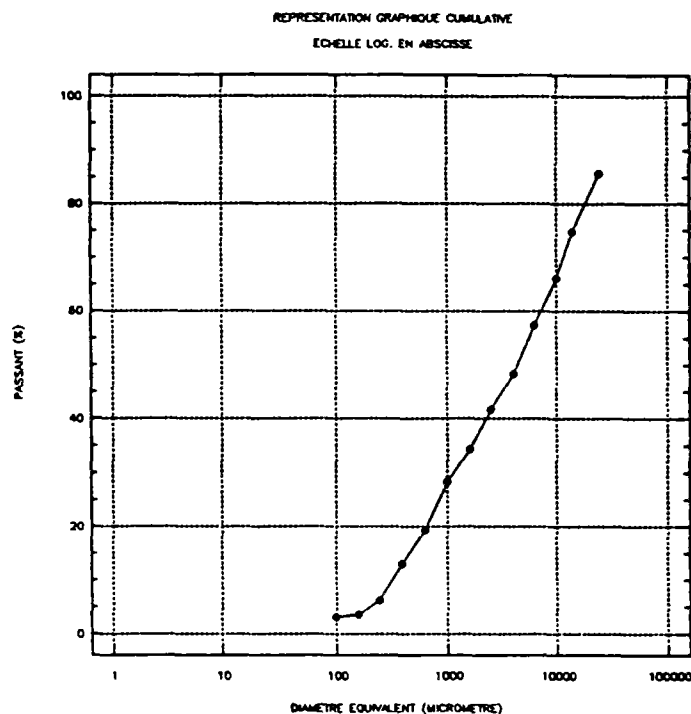
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	2,695	0,800	0,04491
160,00	12	8,897	3,495	0,09886
250,00	13	12,552	12,392	0,08368
400,00	14	6,993	24,944	0,03041
630,00	15	6,588	31,938	0,01781
1000,00	16	3,905	38,526	0,00651
1600,00	17	5,540	42,431	0,00616
2500,00	18	6,462	47,972	0,00431
4000,00	19	9,235	54,434	0,00402
6300,00	20	8,379	63,670	0,00226
10000,00	21	6,544	72,049	0,00164
14000,00	22	2,156	78,592	0,00020
25000,00	23	19,251	80,749	



POINT 03 LE 28/09/1988

Moyen de mesure : TAMIS

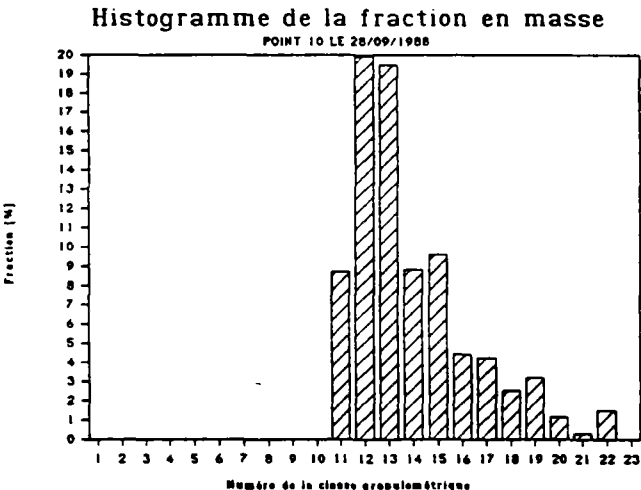
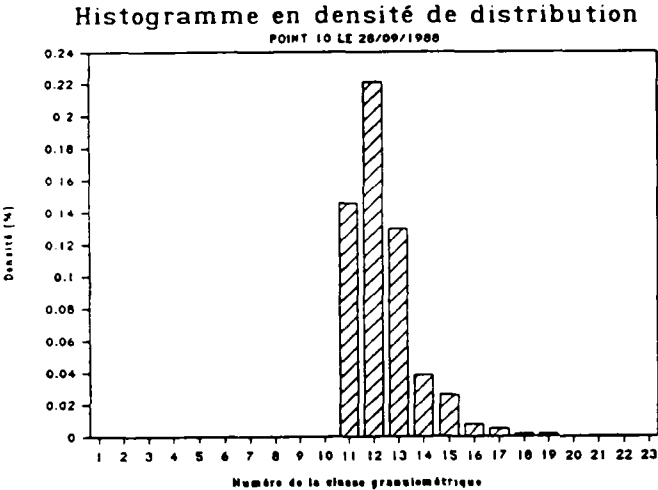
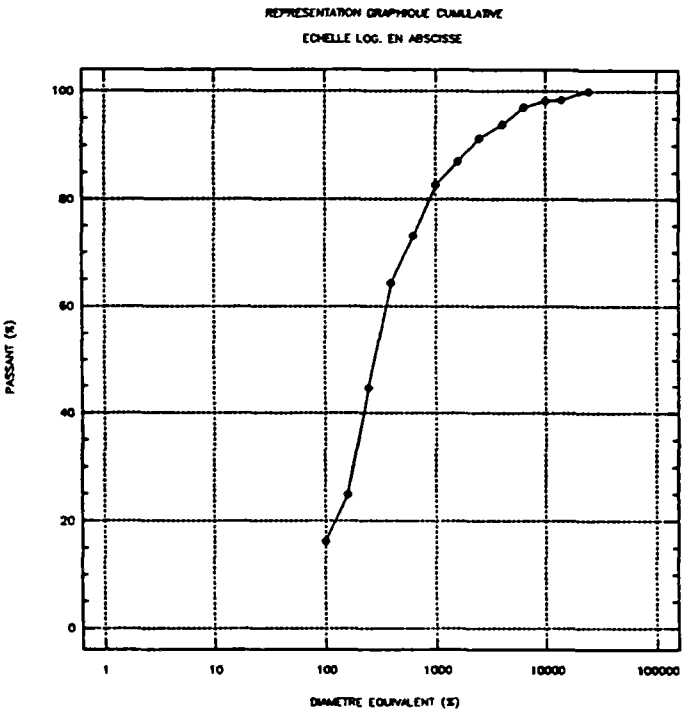
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,521	3,075	0,00868
160,00	12	2,652	3,596	0,02947
250,00	13	6,715	6,248	0,04477
400,00	14	6,376	12,963	0,02772
630,00	15	9,002	19,339	0,02433
1000,00	16	5,945	28,341	0,00991
1600,00	17	7,410	34,285	0,00823
2500,00	18	6,626	41,695	0,00442
4000,00	19	8,990	48,321	0,00391
6300,00	20	8,755	57,311	0,00237
10000,00	21	8,719	66,066	0,00218
14000,00	22	10,897	74,785	0,00099
25000,00	23	14,318	85,682	



POINT 10 LE 28/09/1988

Moyen de mesure : TAMIS

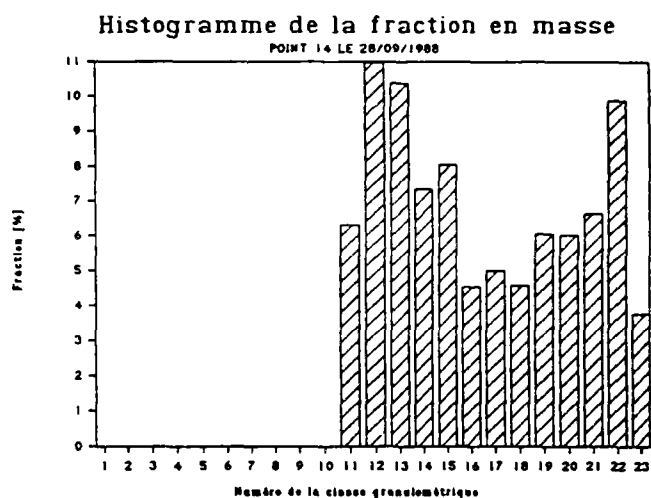
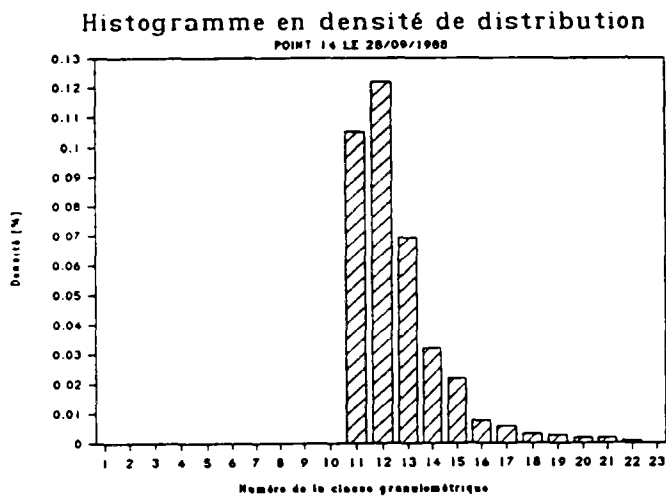
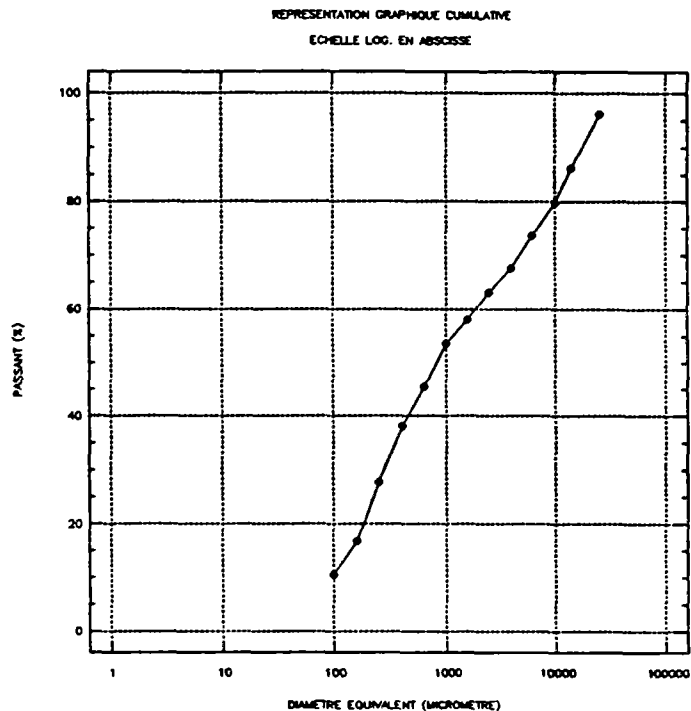
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	8,725	16,150	0,14542
160,00	12	19,872	24,875	0,22080
250,00	13	19,454	44,747	0,12969
400,00	14	8,827	64,201	0,03838
630,00	15	9,598	73,028	0,02594
1000,00	16	4,438	82,627	0,00740
1600,00	17	4,250	87,065	0,00472
2500,00	18	2,518	91,315	0,00168
4000,00	19	3,193	93,833	0,00139
6300,00	20	1,167	97,025	0,00032
10000,00	21	0,297	98,192	0,00007
14000,00	22	1,498	98,489	0,00014
25000,00	23	0,000	99,987	



POINT 14 LE 28/09/1988

Moyen de mesure : TAMIS

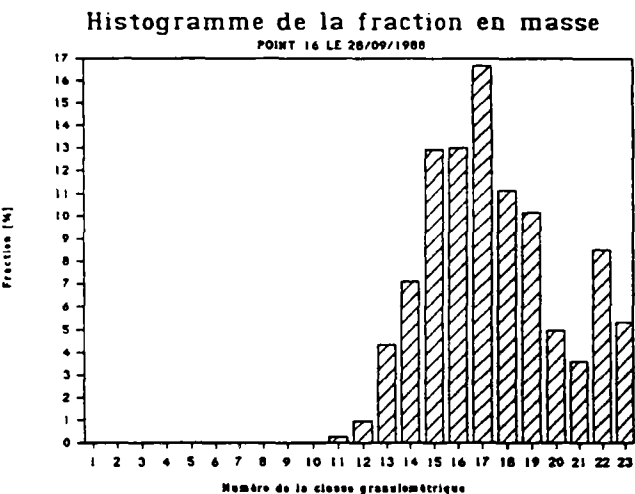
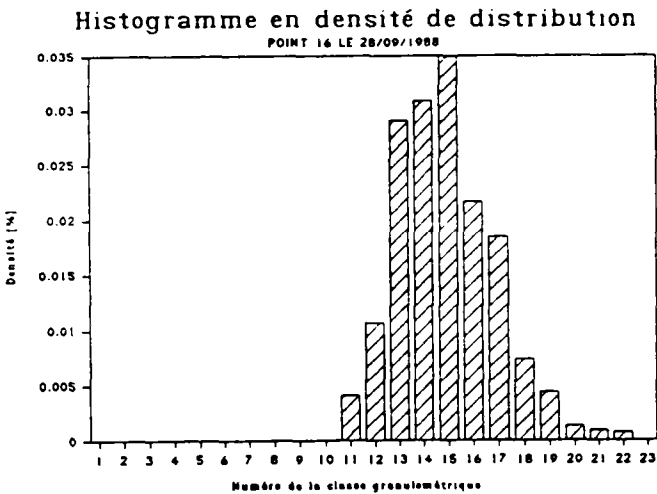
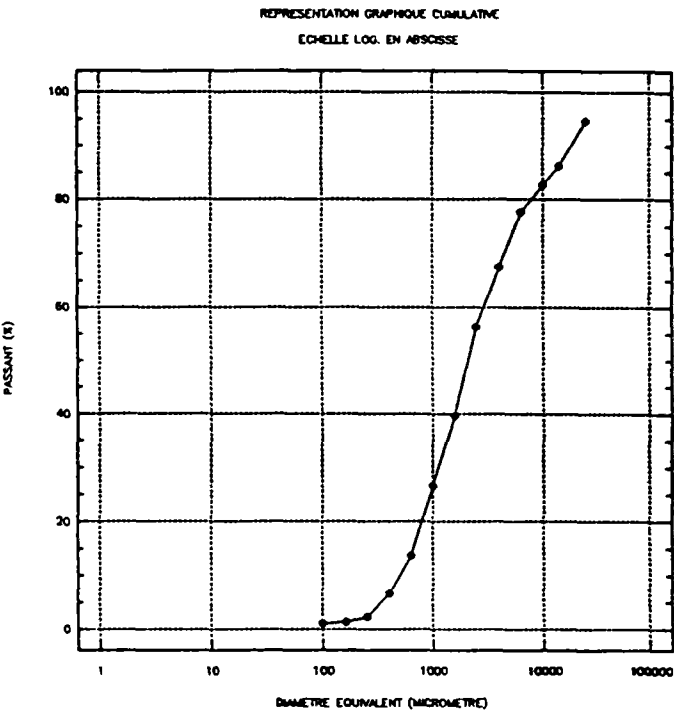
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	6,305	10,520	0,10508
160,00	12	10,972	16,825	0,12191
250,00	13	10,361	27,797	0,06907
400,00	14	7,346	38,158	0,03194
630,00	15	8,049	45,504	0,02175
1000,00	16	4,528	53,553	0,00755
1600,00	17	5,007	58,081	0,00556
2500,00	18	4,564	63,088	0,00304
4000,00	19	6,053	67,652	0,00263
6300,00	20	6,010	73,705	0,00162
10000,00	21	6,645	79,715	0,00166
14000,00	22	9,881	86,361	0,00090
25000,00	23	3,762	96,242	



POINT 16 LE 28/09/1988

Moyen de mesure : TAMIS

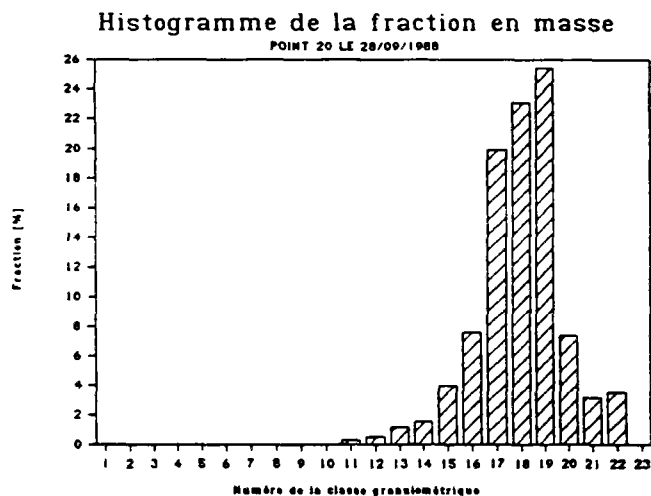
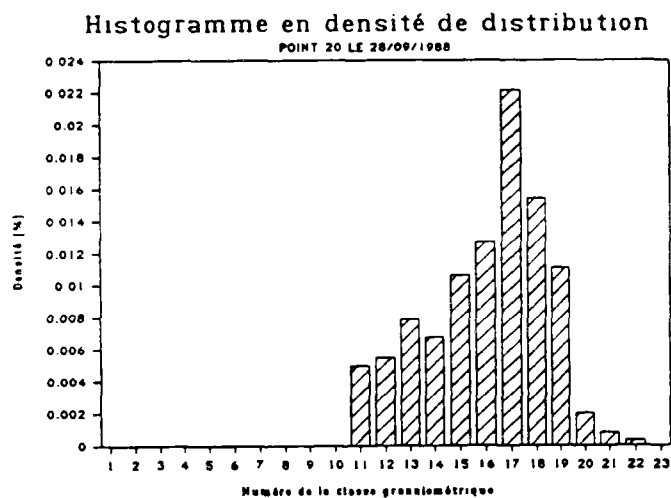
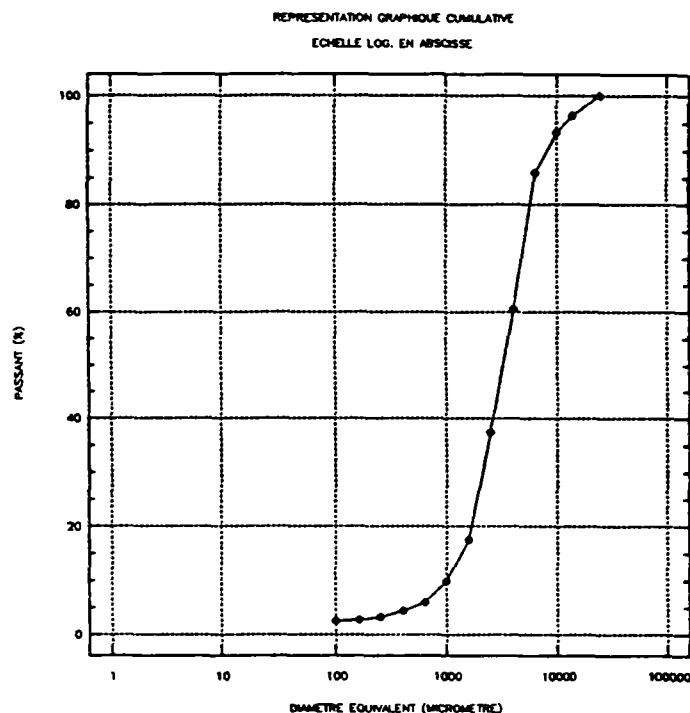
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,248	1,040	0,00414
160,00	12	0,963	1,288	0,01070
250,00	13	4,357	2,251	0,02905
400,00	14	7,091	6,608	0,03083
630,00	15	12,932	13,699	0,03495
1000,00	16	13,021	26,631	0,02170
1600,00	17	16,652	39,652	0,01850
2500,00	18	11,147	56,304	0,00743
4000,00	19	10,151	67,452	0,00441
6300,00	20	4,967	77,602	0,00134
10000,00	21	3,600	82,569	0,00090
14000,00	22	8,505	86,169	0,00077
25000,00	23	5,331	94,674	



POINT 20 LE 28/09/1988

Moyen de mesure : TAMIS

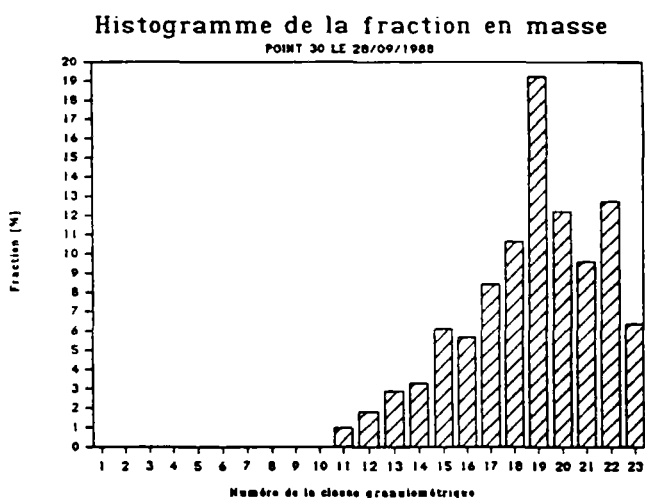
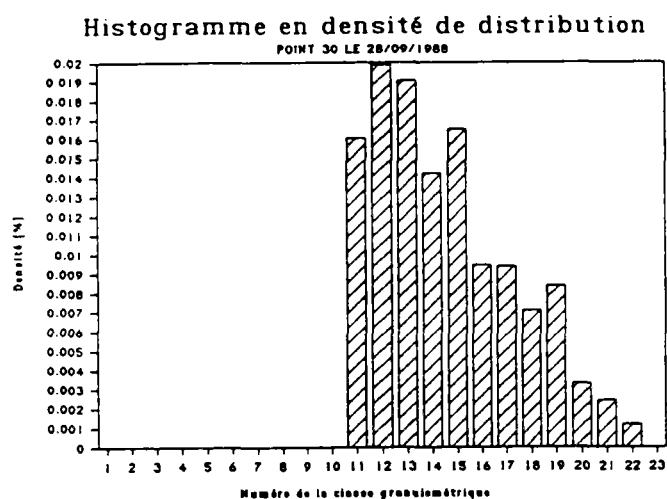
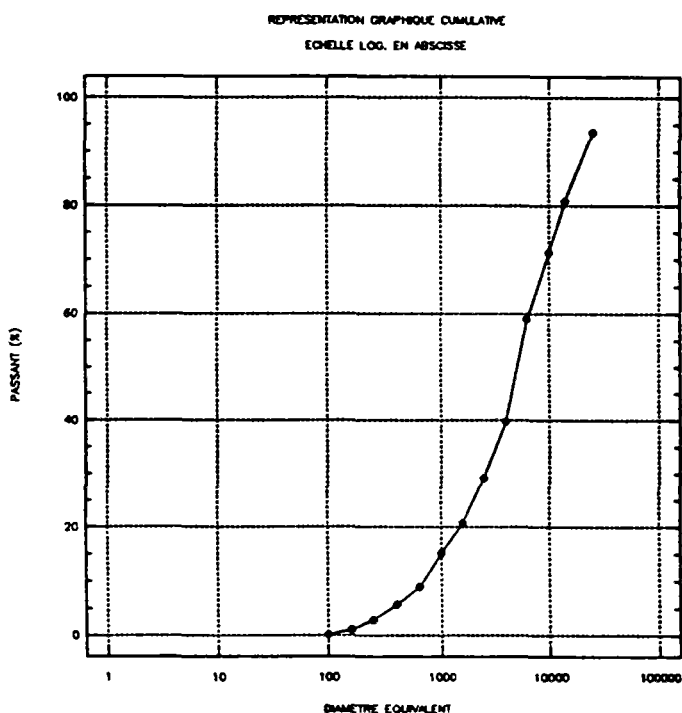
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,297	2,450	0,00495
160,00	12	0,492	2,747	0,00547
250,00	13	1,187	3,239	0,00791
400,00	14	1,557	4,426	0,00677
630,00	15	3,933	5,983	0,01063
1000,00	16	7,606	9,916	0,01268
1600,00	17	19,920	17,522	0,02213
2500,00	18	23,087	37,442	0,01539
4000,00	19	25,422	60,529	0,01105
6300,00	20	7,370	85,951	0,00199
10000,00	21	3,174	93,321	0,00079
14000,00	22	3,505	96,495	0,00032
25000,00	23	0,000	100,000	



POINT 30 LE 28/09/1988

Moyen de mesure : TAMIS

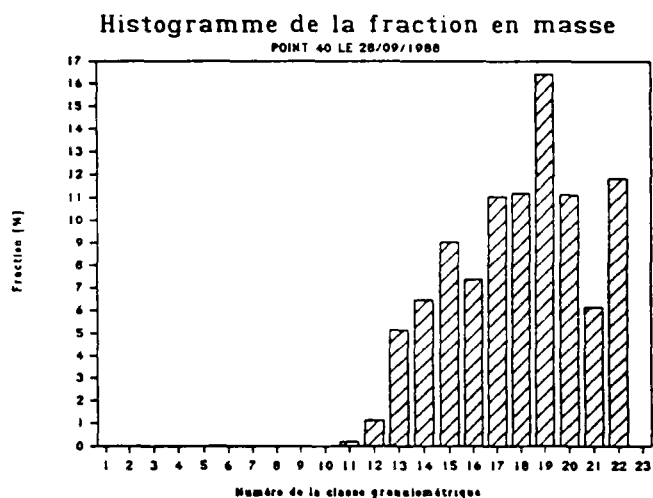
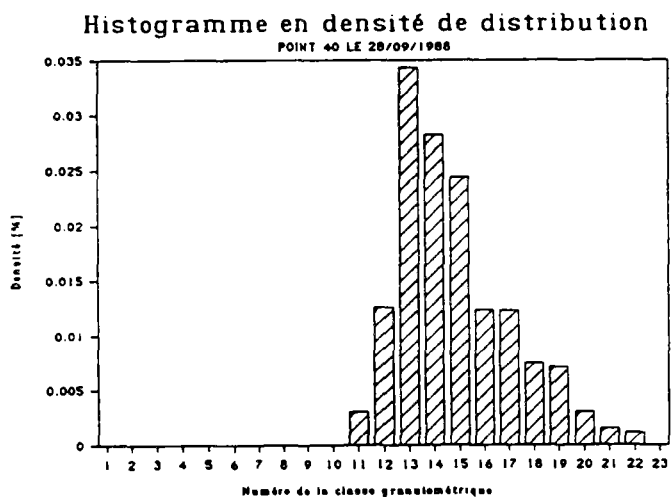
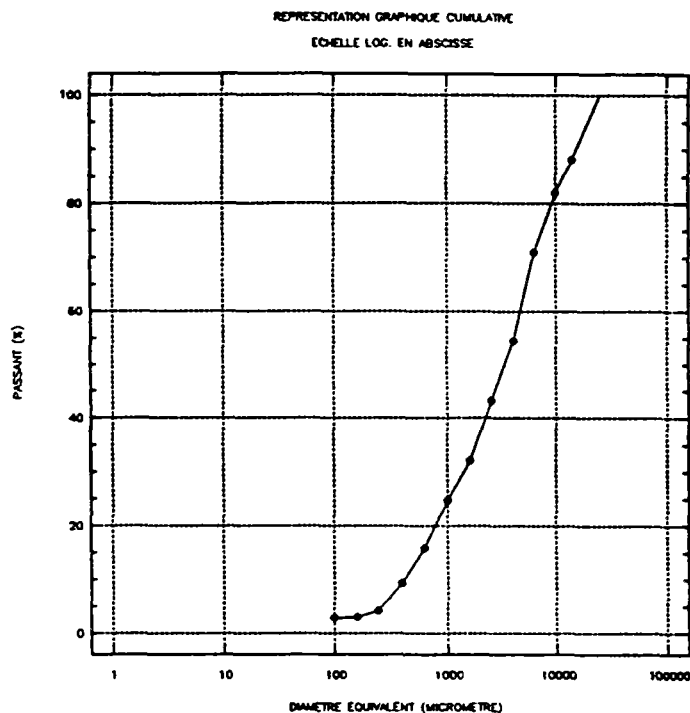
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,963	0,100	0,01606
160,00	12	1,788	1,063	0,01986
250,00	13	2,853	2,851	0,01902
400,00	14	3,266	5,704	0,01420
630,00	15	6,115	8,970	0,01653
1000,00	16	5,666	15,085	0,00944
1600,00	17	8,428	20,751	0,00936
2500,00	18	10,635	29,179	0,00709
4000,00	19	19,237	39,815	0,00836
6300,00	20	12,219	59,052	0,00330
10000,00	21	9,593	71,271	0,00240
14000,00	22	12,737	80,864	0,00116
25000,00	23	6,397	93,601	



POINT 40 LE 28/09/1988

Moyen de mesure : TAMIS

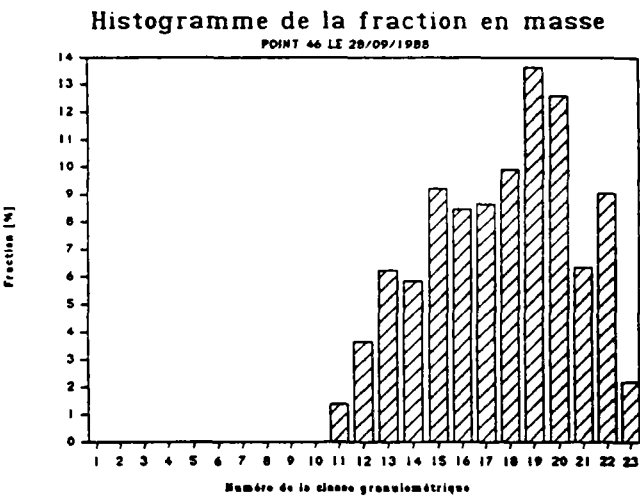
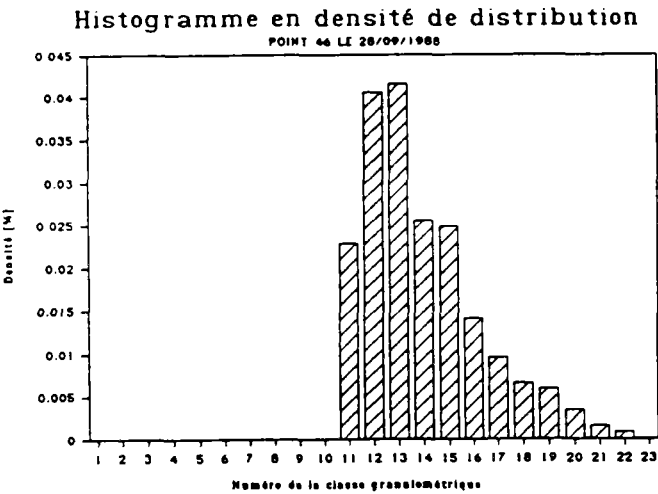
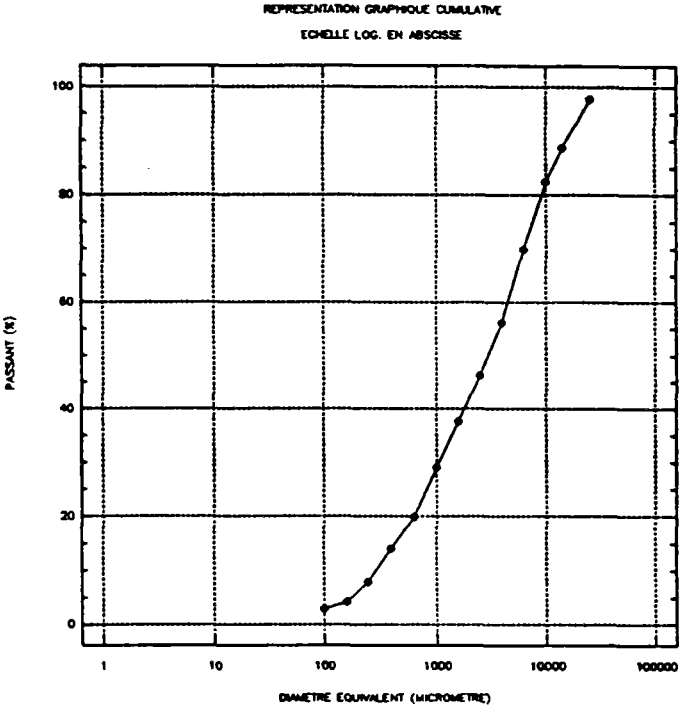
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,181	2,850	0,00302
160,00	12	1,131	3,031	0,01256
250,00	13	5,145	4,162	0,03430
400,00	14	6,486	9,308	0,02820
630,00	15	9,030	15,794	0,02441
1000,00	16	7,389	24,824	0,01232
1600,00	17	11,053	32,213	0,01228
2500,00	18	11,196	43,266	0,00746
4000,00	19	16,418	54,462	0,00714
6300,00	20	11,131	70,880	0,00301
10000,00	21	6,151	82,011	0,00154
14000,00	22	11,839	88,162	0,00108
25000,00	23	0,000	100,001	



POINT 46 LE 28/09/1988

Moyen de mesure : TAMIS

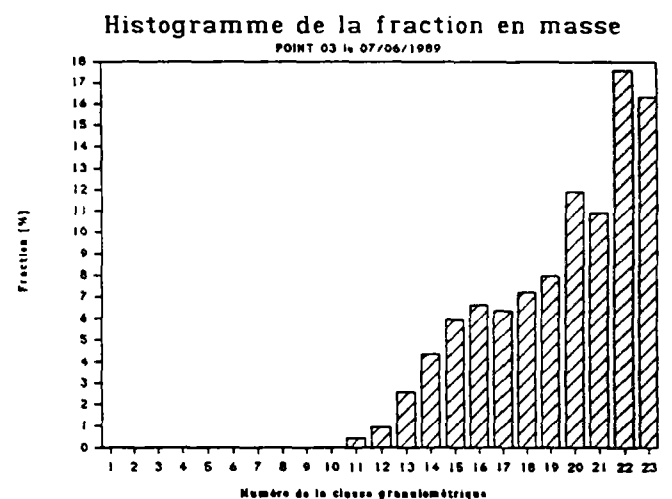
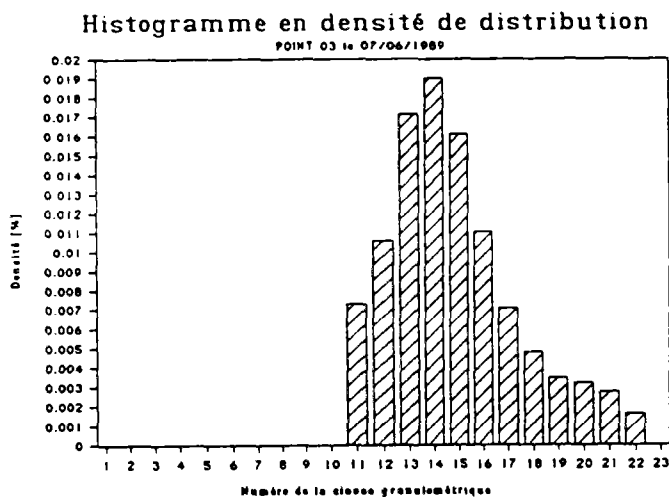
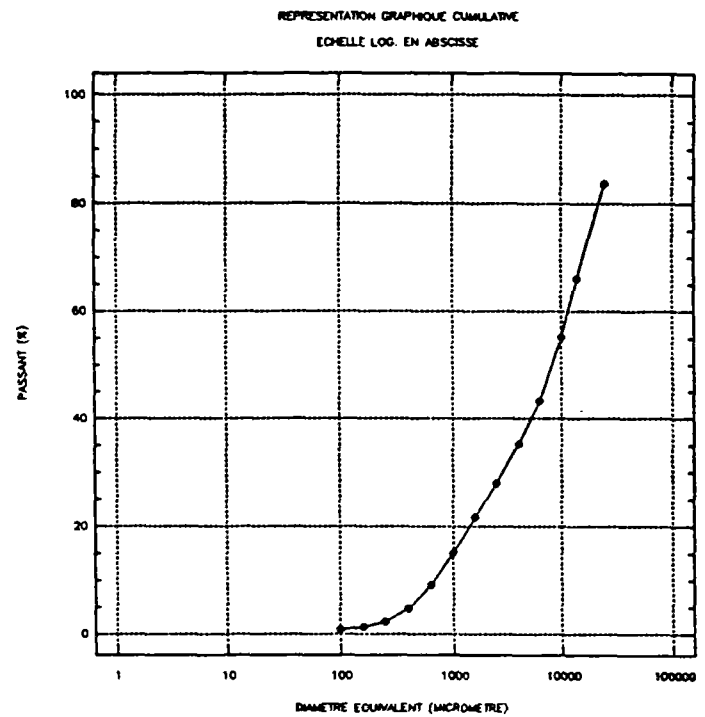
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	1,373	2,840	0,02288
160,00	12	3,650	4,213	0,04055
250,00	13	6,223	7,862	0,04148
400,00	14	5,854	14,085	0,02545
630,00	15	9,207	19,939	0,02488
1000,00	16	8,477	29,146	0,01413
1600,00	17	8,655	37,623	0,00962
2500,00	18	9,908	46,279	0,00661
4000,00	19	13,617	56,187	0,00592
6300,00	20	12,595	69,804	0,00340
10000,00	21	6,345	82,399	0,00159
14000,00	22	9,043	88,744	0,00082
25000,00	23	2,206	97,787	



POINT 03 le 07/06/1989

Moyen de mesure : TAMIS

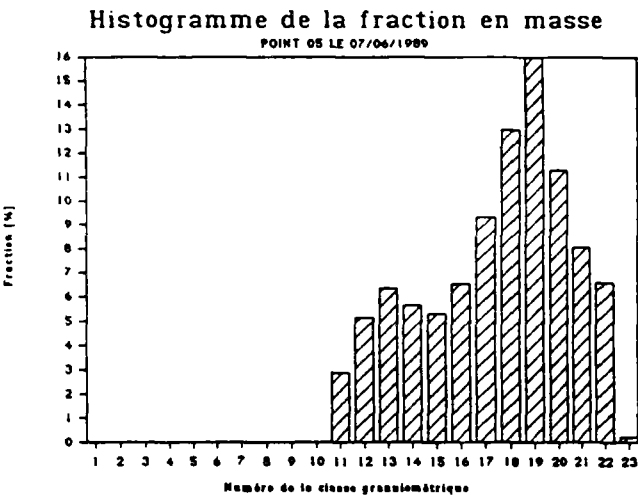
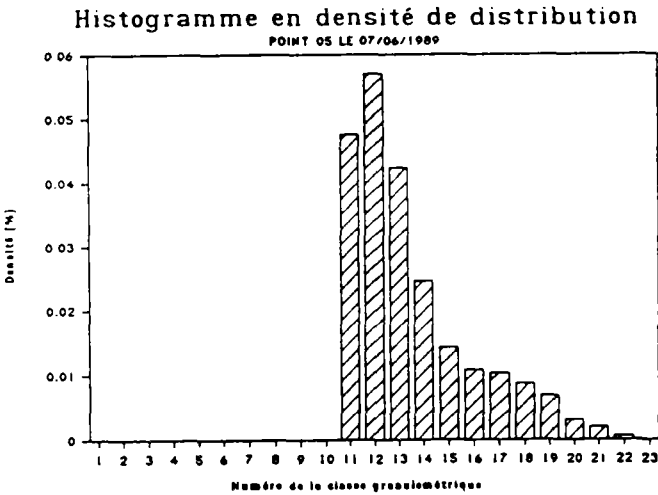
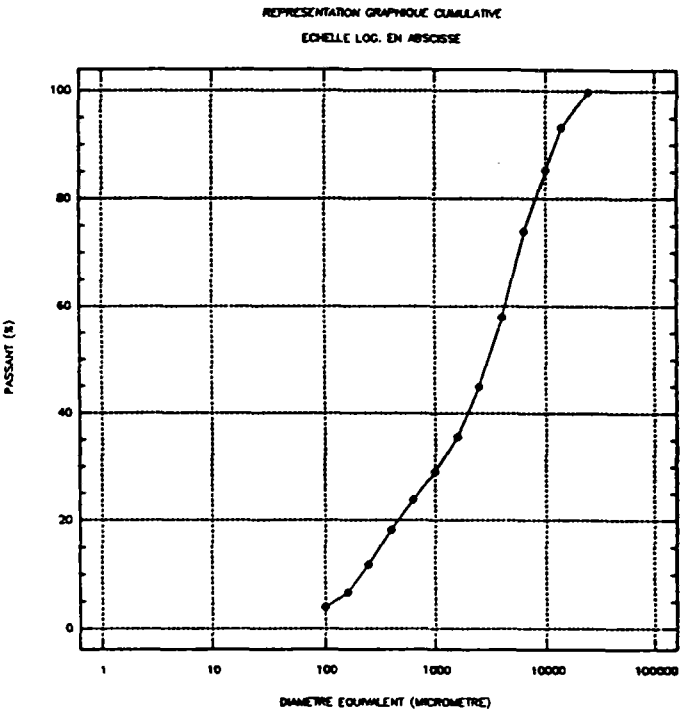
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,437	0,820	0,00728
160,00	12	0,951	1,257	0,01056
250,00	13	2,568	2,208	0,01712
400,00	14	4,371	4,775	0,01900
630,00	15	5,955	9,146	0,01609
1000,00	16	6,611	15,101	0,01102
1600,00	17	6,337	21,712	0,00704
2500,00	18	7,212	28,049	0,00481
4000,00	19	7,976	35,261	0,00347
6300,00	20	11,910	43,237	0,00322
10000,00	21	10,927	55,147	0,00273
14000,00	22	17,592	66,073	0,00160
25000,00	23	16,335	83,665	



POINT 05 LE 07/06/1989

Moyen de mesure : TAMIS

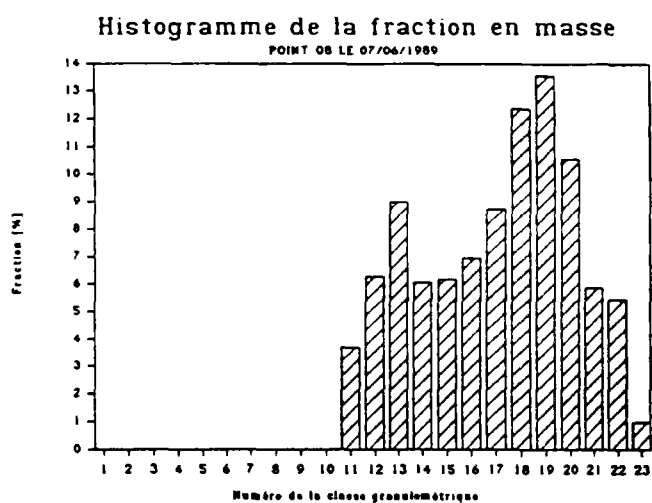
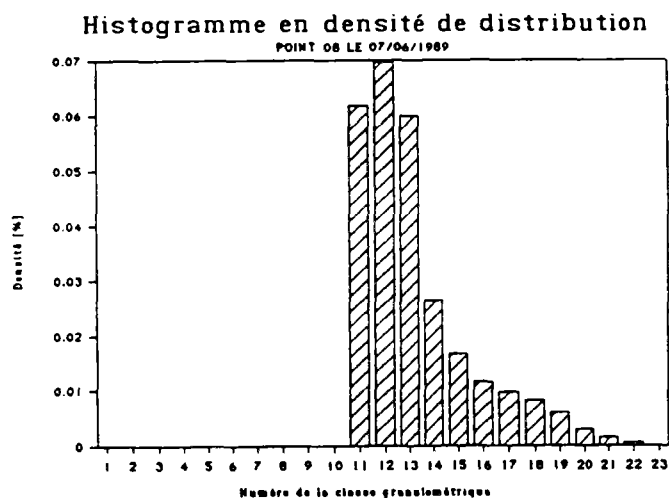
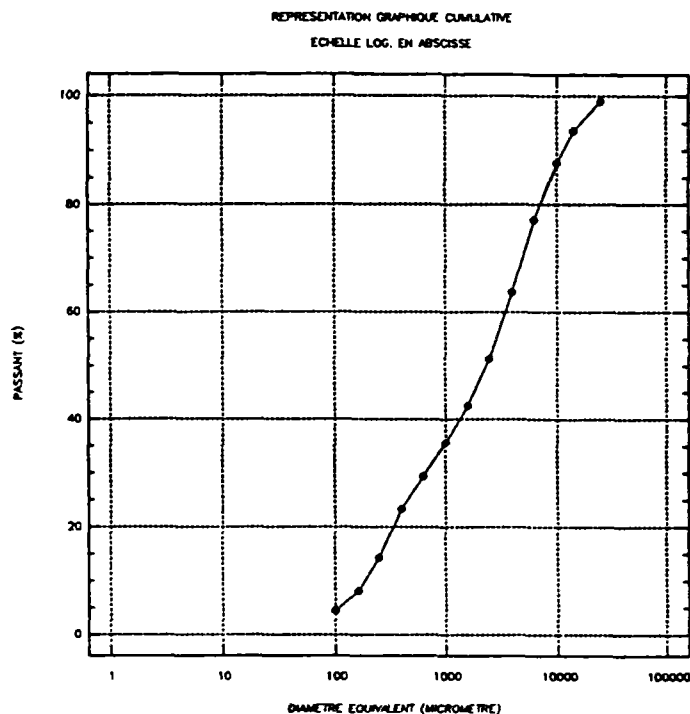
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	2,852	3,870	0,04754
160,00	12	5,123	6,722	0,05692
250,00	13	6,345	11,845	0,04230
400,00	14	5,647	18,191	0,02455
630,00	15	5,297	23,837	0,01432
1000,00	16	6,520	29,135	0,01087
1600,00	17	9,314	35,655	0,01035
2500,00	18	12,982	44,969	0,00865
4000,00	19	15,951	57,951	0,00694
6300,00	20	11,294	73,901	0,00305
10000,00	21	8,034	85,195	0,00201
14000,00	22	6,578	93,228	0,00060
25000,00	23	0,198	99,807	



POINT 08 LE 07/06/1989

Moyen de mesure : TAMIS

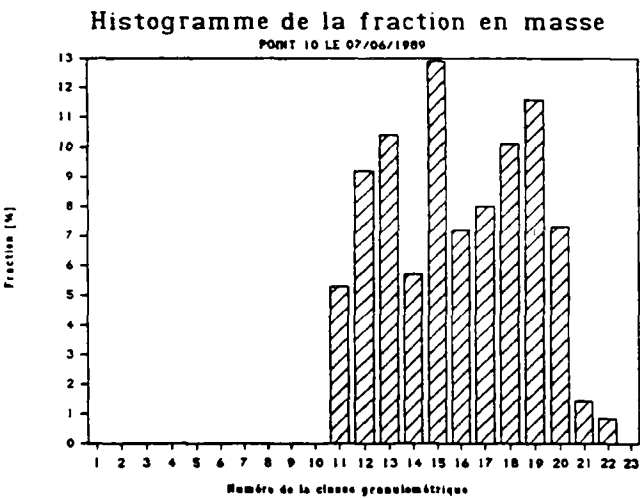
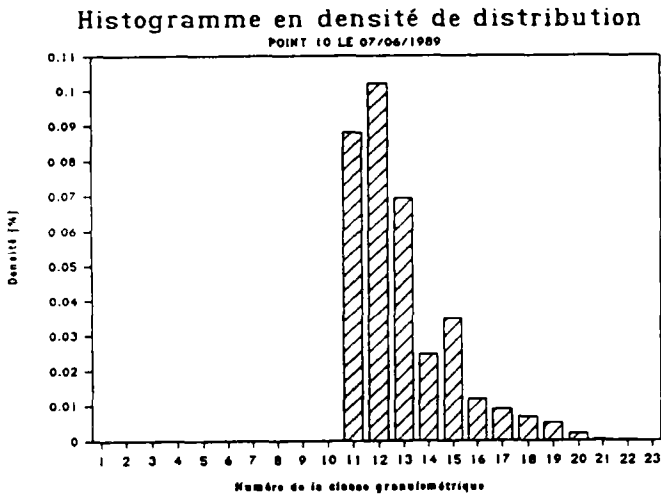
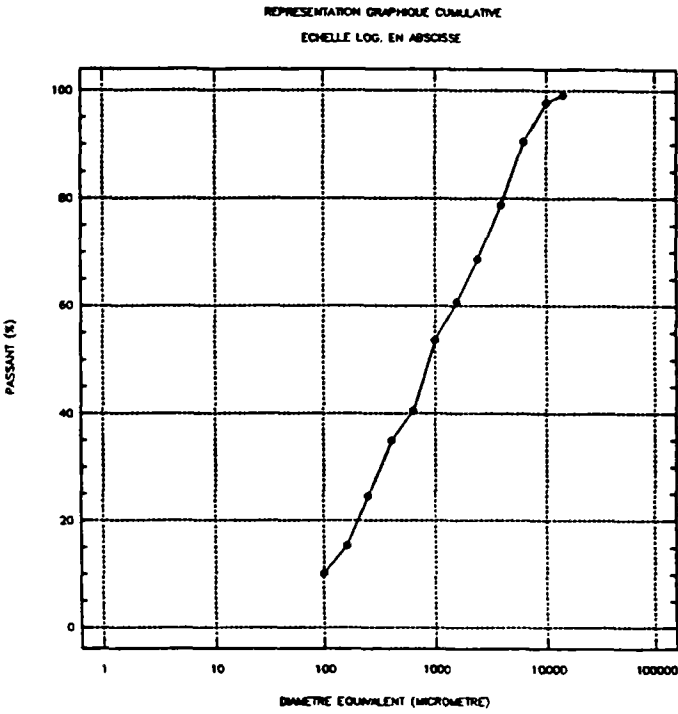
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	3,704	4,380	0,06174
160,00	12	6,269	8,084	0,06966
250,00	13	8,979	14,354	0,05986
400,00	14	6,066	23,332	0,02637
630,00	15	6,186	29,398	0,01672
1000,00	16	6,941	35,584	0,01157
1600,00	17	8,739	42,524	0,00971
2500,00	18	12,347	51,263	0,00823
4000,00	19	13,558	63,610	0,00589
6300,00	20	10,561	77,168	0,00285
10000,00	21	5,862	87,729	0,00147
14000,00	22	5,442	93,591	0,00049
25000,00	23	0,971	99,034	



POINT 10 LE 07/06/1989

Moyen de mesure : TAMIS

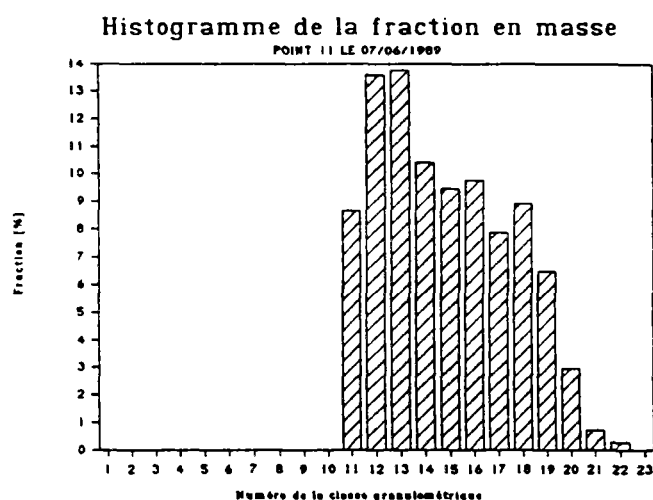
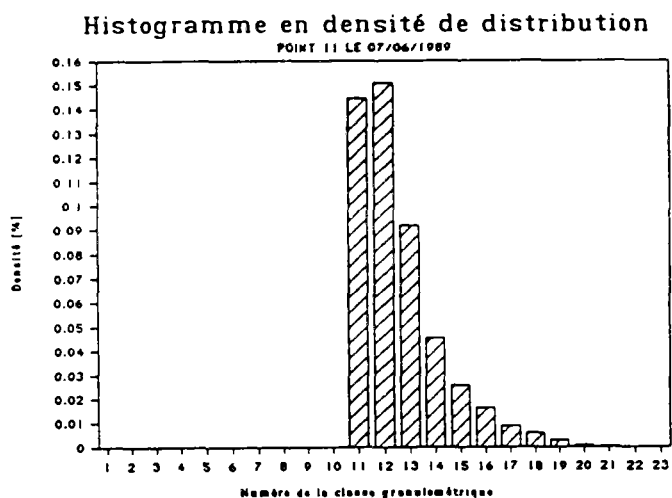
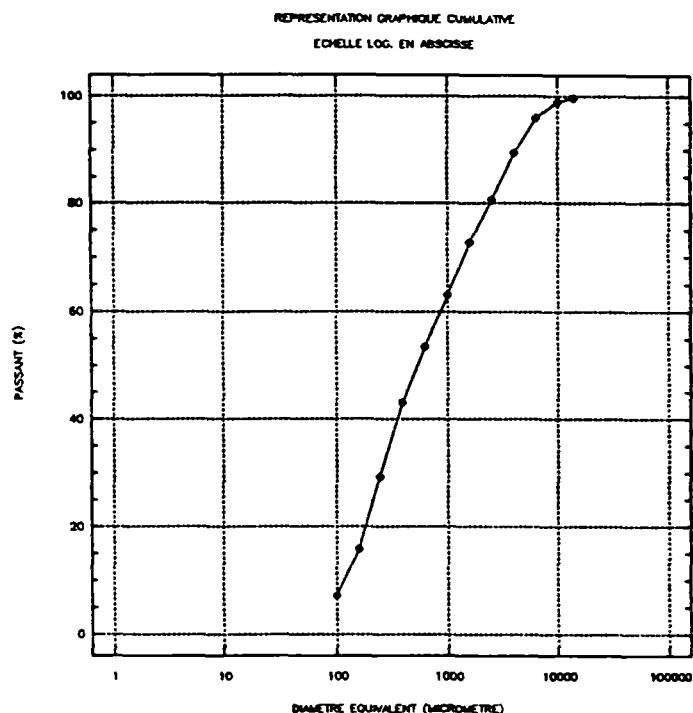
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	5,288	10,070	0,08813
160,00	12	9,190	15,358	0,10211
250,00	13	10,402	24,548	0,06935
400,00	14	5,701	34,950	0,02479
630,00	15	12,893	40,651	0,03485
1000,00	16	7,192	53,544	0,01199
1600,00	17	7,991	60,736	0,00888
2500,00	18	10,109	68,727	0,00674
4000,00	19	11,601	78,837	0,00504
6300,00	20	7,299	90,438	0,00197
10000,00	21	1,425	97,736	0,00036
14000,00	22	0,839	99,162	0,00008
25000,00	23	0,000	100,001	



POINT 11 LE 07/06/1989

Moyen de mesure : TAMIS

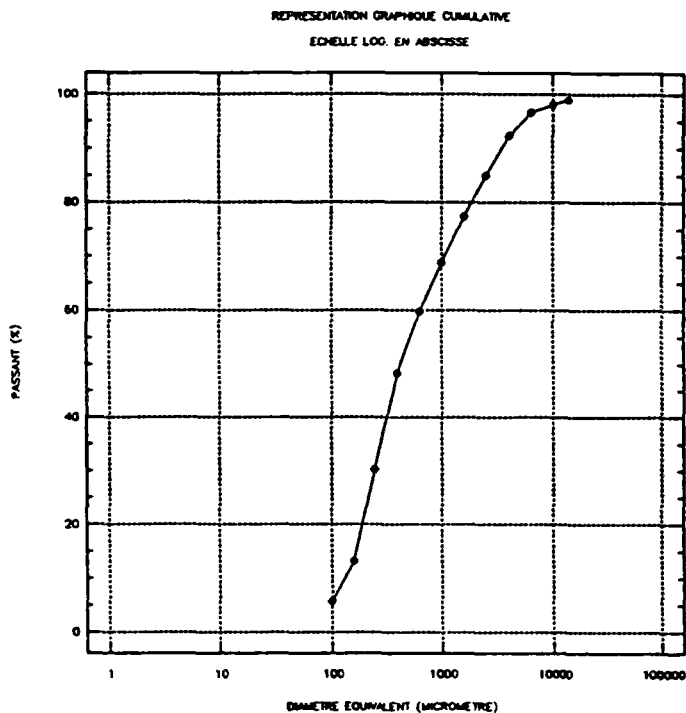
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	8,666	7,140	0,14444
160,00	12	13,571	15,806	0,15079
250,00	13	13,764	29,378	0,09176
400,00	14	10,416	43,142	0,04529
630,00	15	9,452	53,558	0,02554
1000,00	16	9,769	63,009	0,01628
1600,00	17	7,867	72,778	0,00874
2500,00	18	8,901	80,645	0,00593
4000,00	19	6,489	89,546	0,00282
6300,00	20	2,976	96,035	0,00080
10000,00	21	0,716	99,011	0,00018
14000,00	22	0,276	99,727	0,00003
25000,00	23	0,000	100,003	



POINT 12 LE 07/06/1989

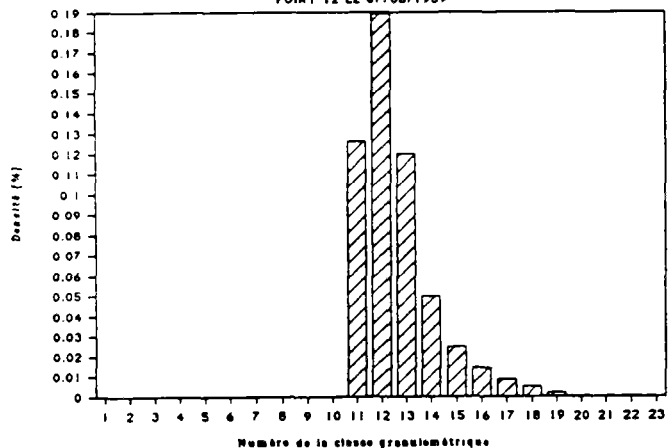
Moyen de mesure : TAMIS

Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	7,567	5,680	0,12612
160,00	12	16,998	13,247	0,18887
250,00	13	18,020	30,245	0,12013
400,00	14	11,475	48,265	0,04989
630,00	15	9,072	59,740	0,02452
1000,00	16	8,603	68,812	0,01434
1600,00	17	7,636	77,414	0,00848
2500,00	18	7,346	85,050	0,00490
4000,00	19	4,253	92,396	0,00185
6300,00	20	1,464	96,649	0,00040
10000,00	21	0,898	98,113	0,00022
14000,00	22	0,994	99,011	0,00009
25000,00	23	0,000	100,005	



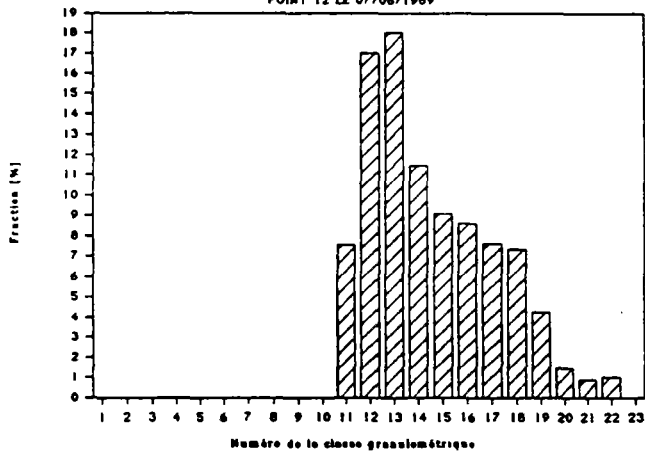
Histogramme en densité de distribution

POINT 12 LE 07/06/1989



Histogramme de la fraction en masse

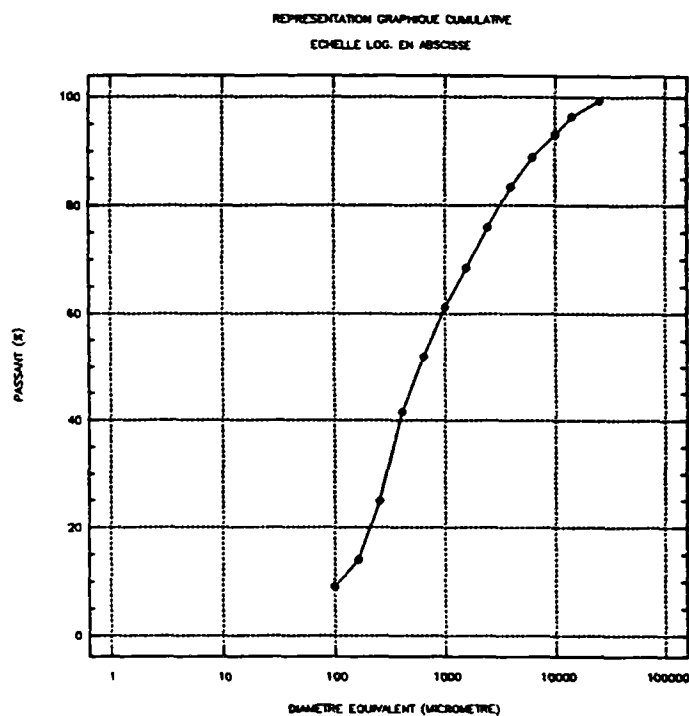
POINT 12 LE 07/06/1989



POINT 14 LE 07/06/1989

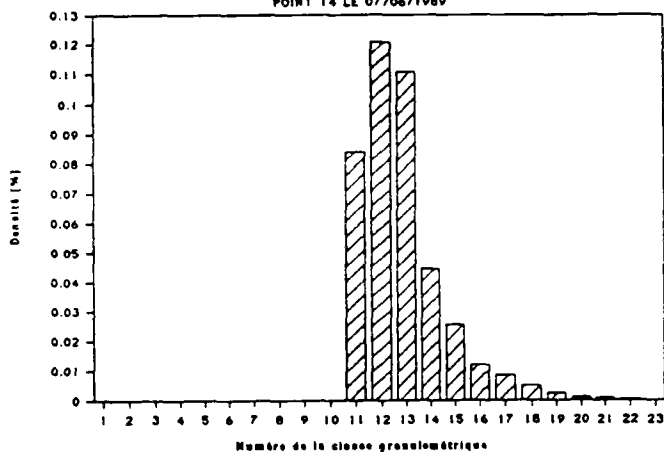
Moyen de mesure : TAMIS

Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	5,027	9,060	0,08379
160,00	12	10,881	14,087	0,12090
250,00	13	16,606	24,969	0,11071
400,00	14	10,235	41,575	0,04450
630,00	15	9,408	51,810	0,02543
1000,00	16	7,159	61,218	0,01193
1600,00	17	7,573	68,378	0,00841
2500,00	18	7,560	75,951	0,00504
4000,00	19	5,479	83,511	0,00238
6300,00	20	4,110	88,990	0,00111
10000,00	21	3,295	93,100	0,00082
14000,00	22	2,869	96,395	0,00026
25000,00	23	0,737	99,264	



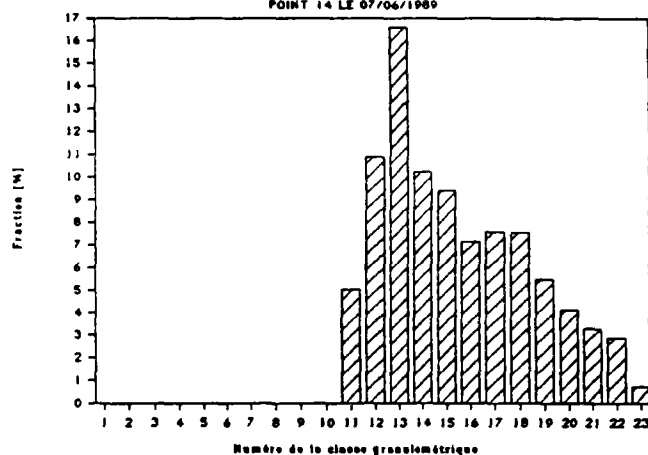
Histogramme en densité de distribution

POINT 14 LE 07/06/1989



Histogramme de la fraction en masse

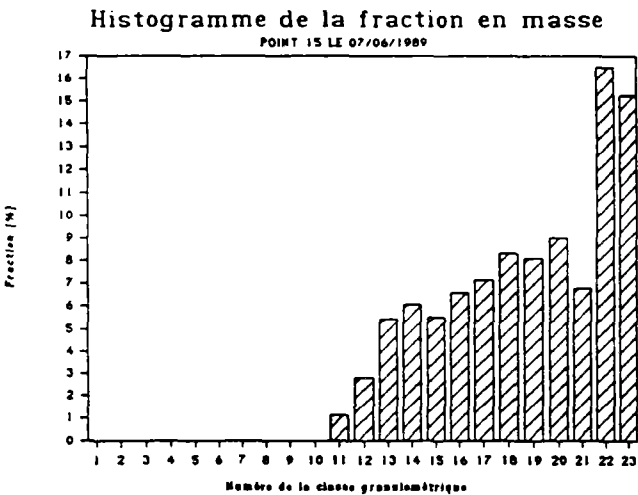
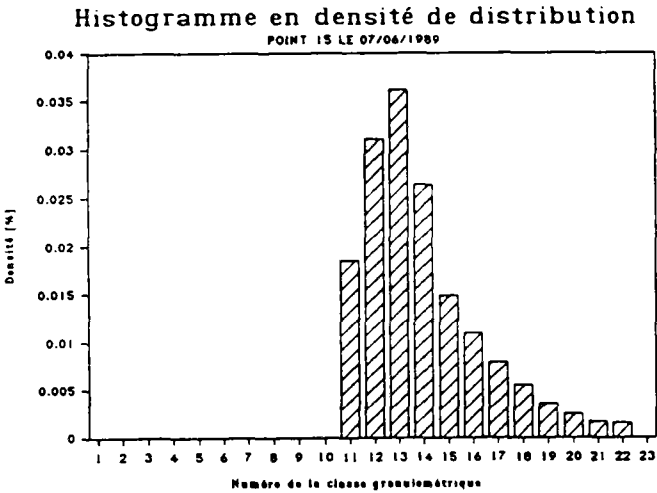
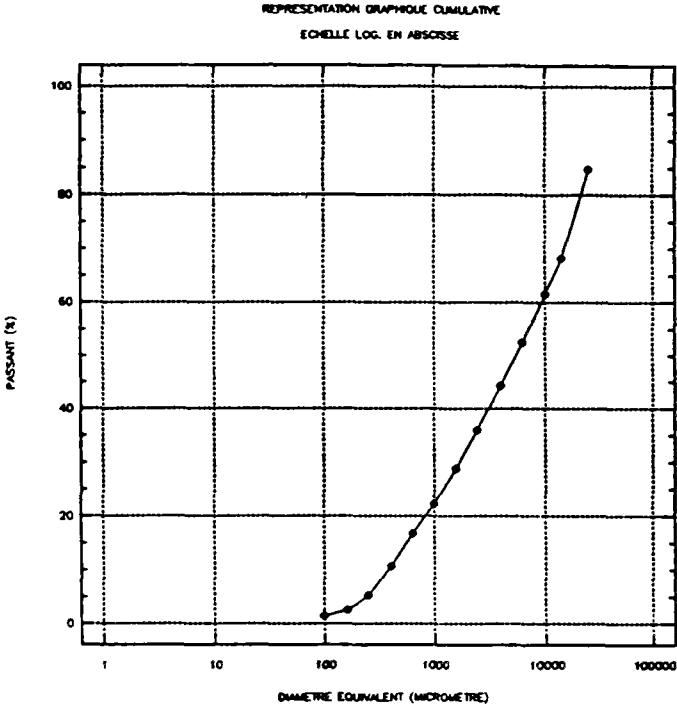
POINT 14 LE 07/06/1989



POINT 15 LE 07/06/1989

Moyen de mesure : TAMIS

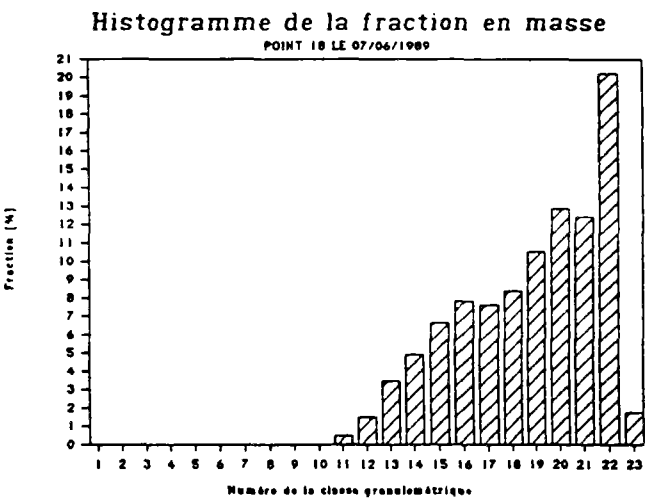
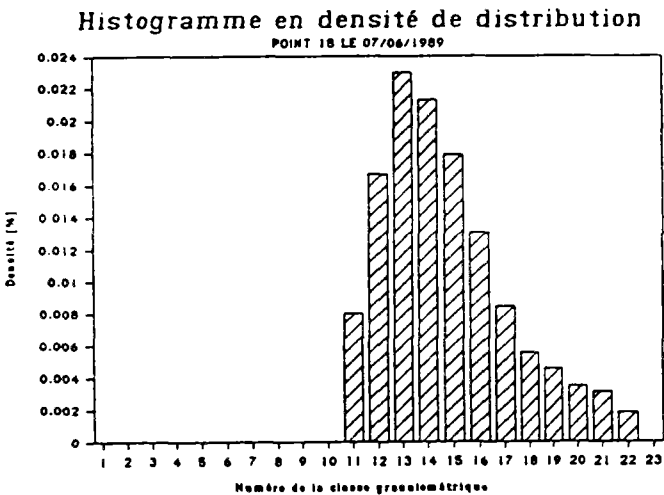
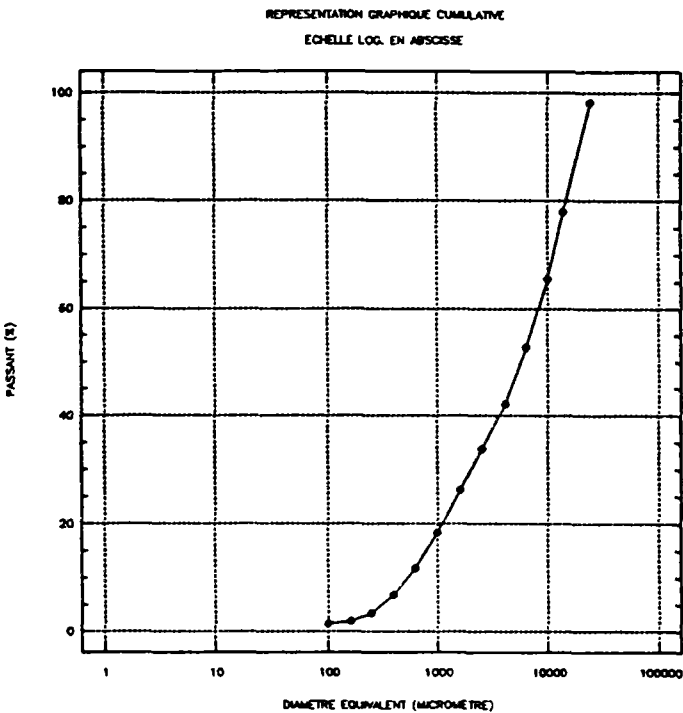
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	1,113	1,370	0,01855
160,00	12	2,799	2,483	0,03110
250,00	13	5,430	5,282	0,03620
400,00	14	6,071	10,712	0,02639
630,00	15	5,509	16,783	0,01489
1000,00	16	6,588	22,292	0,01098
1600,00	17	7,150	28,880	0,00794
2500,00	18	8,319	36,030	0,00555
4000,00	19	8,106	44,349	0,00352
6300,00	20	9,016	52,455	0,00244
10000,00	21	6,779	61,471	0,00169
14000,00	22	16,492	68,250	0,00150
25000,00	23	15,256	84,743	



POINT 18 LE 07/06/1989

Moyen de mesure : TAMIS

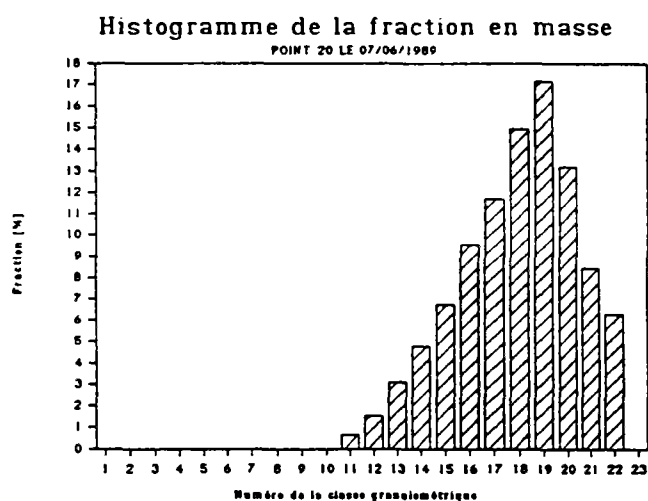
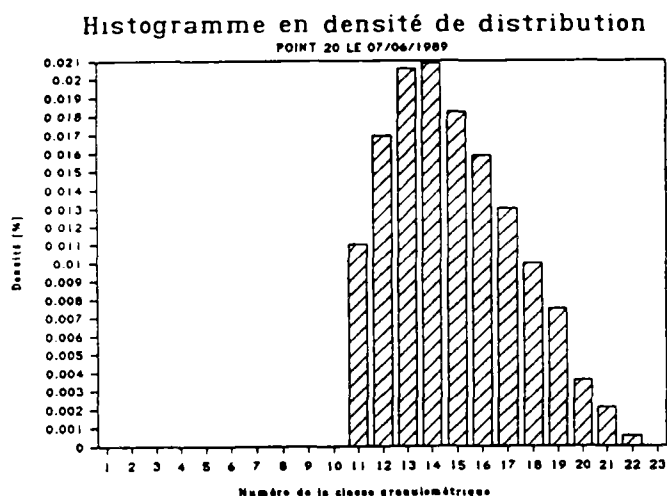
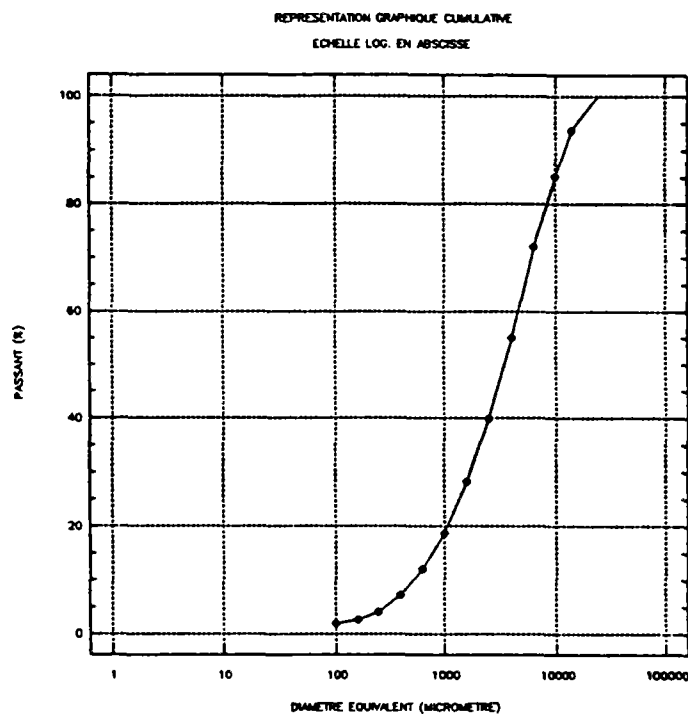
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,482	1,450	0,00804
160,00	12	1,501	1,932	0,01667
250,00	13	3,451	3,433	0,02301
400,00	14	4,898	6,884	0,02130
630,00	15	6,613	11,782	0,01787
1000,00	16	7,814	18,395	0,01302
1600,00	17	7,610	26,209	0,00846
2500,00	18	8,382	33,819	0,00559
4000,00	19	10,536	42,200	0,00458
6300,00	20	12,862	52,736	0,00348
10000,00	21	12,433	65,598	0,00311
14000,00	22	20,236	78,031	0,00184
25000,00	23	1,736	98,267	



POINT 20 LE 07/06/1989

Moyen de mesure : TAMIS

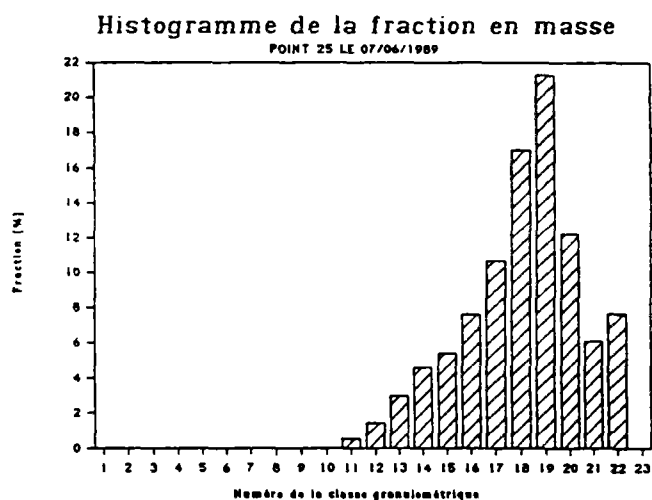
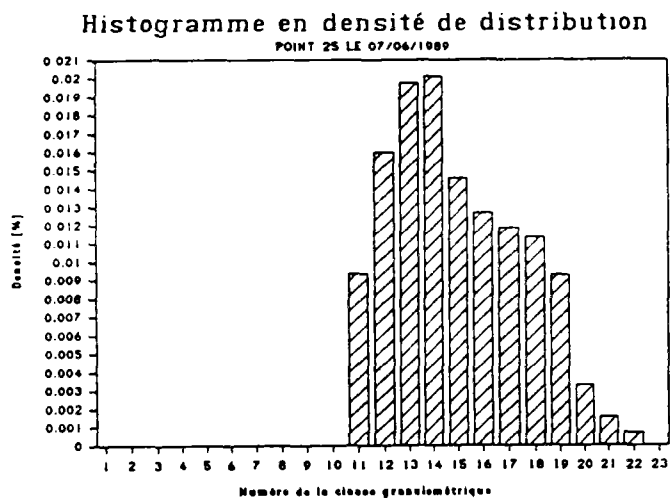
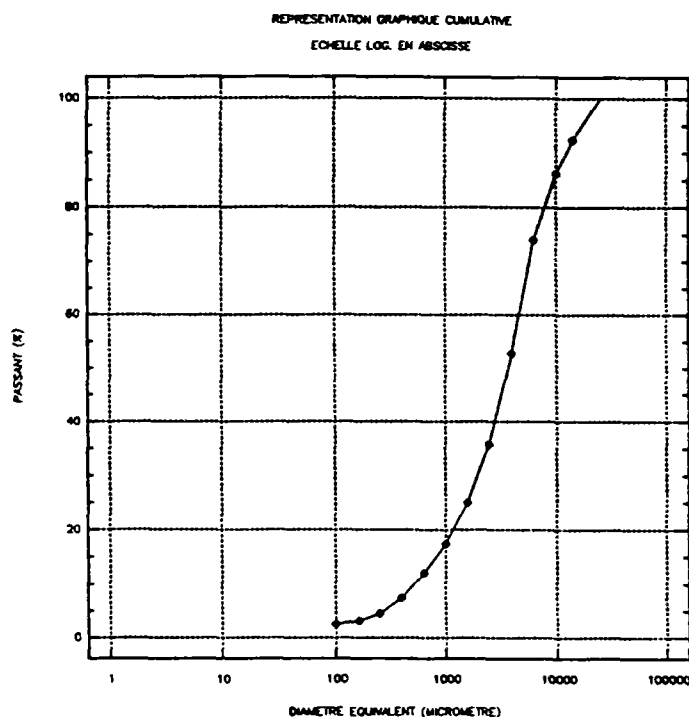
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,660	1,920	0,01100
160,00	12	1,523	2,580	0,01692
250,00	13	3,088	4,103	0,02058
400,00	14	4,791	7,190	0,02083
630,00	15	6,740	11,982	0,01822
1000,00	16	9,529	18,722	0,01588
1600,00	17	11,691	28,251	0,01299
2500,00	18	14,960	39,942	0,00997
4000,00	19	17,164	54,901	0,00746
6300,00	20	13,203	72,065	0,00357
10000,00	21	8,443	85,268	0,00211
14000,00	22	6,293	93,711	0,00057
25000,00	23	0,000	100,003	



POINT 25 LE 07/06/1989

Moyen de mesure : TAMIS

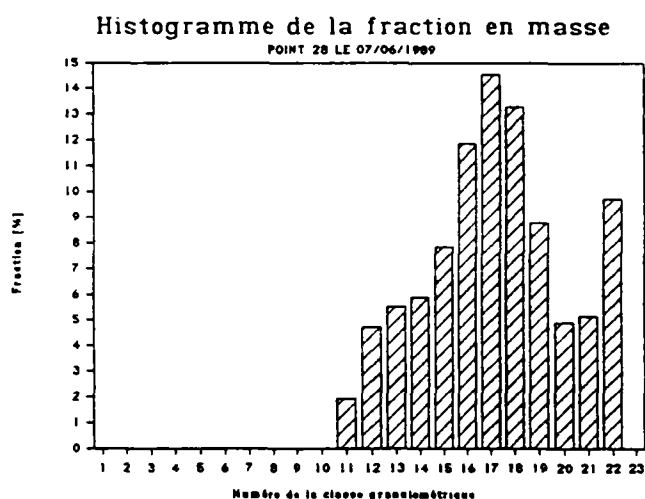
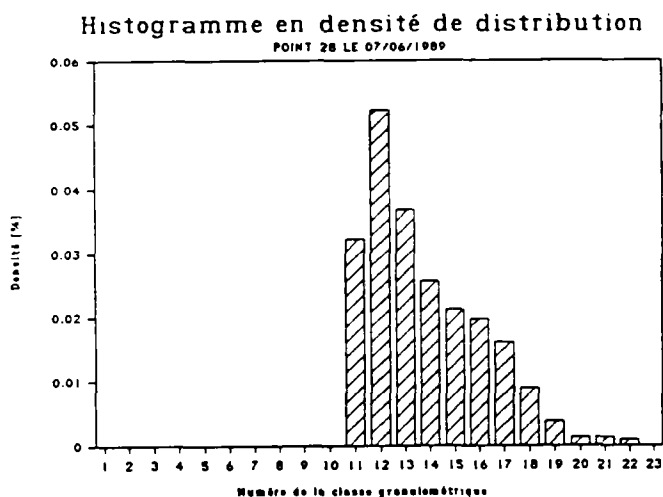
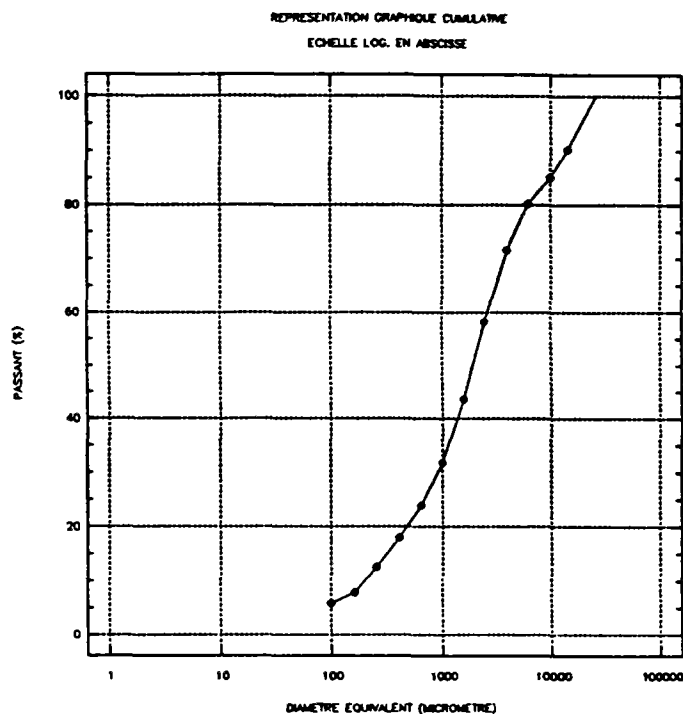
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,559	2,490	0,00932
160,00	12	1,436	3,049	0,01596
250,00	13	2,960	4,485	0,01973
400,00	14	4,616	7,446	0,02007
630,00	15	5,394	12,061	0,01458
1000,00	16	7,609	17,455	0,01268
1600,00	17	10,646	25,064	0,01183
2500,00	18	17,016	35,710	0,01134
4000,00	19	21,313	52,726	0,00927
6300,00	20	12,214	74,039	0,00330
10000,00	21	6,107	86,253	0,00153
14000,00	22	7,642	92,360	0,00069
25000,00	23	0,000	100,001	



POINT 28 LE 07/06/1989

Moyen de mesure : TAMIS

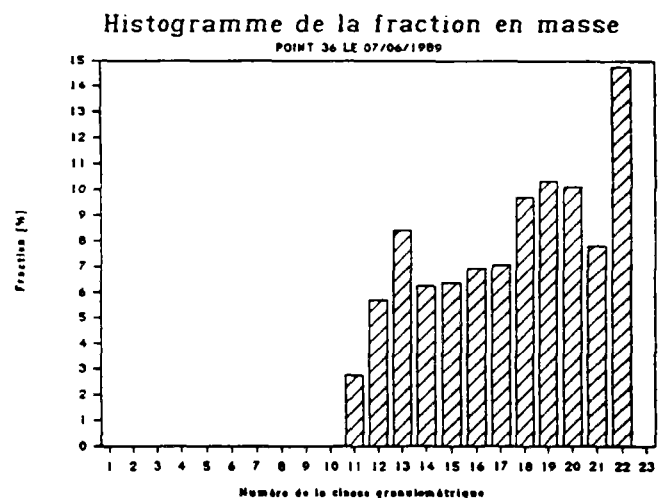
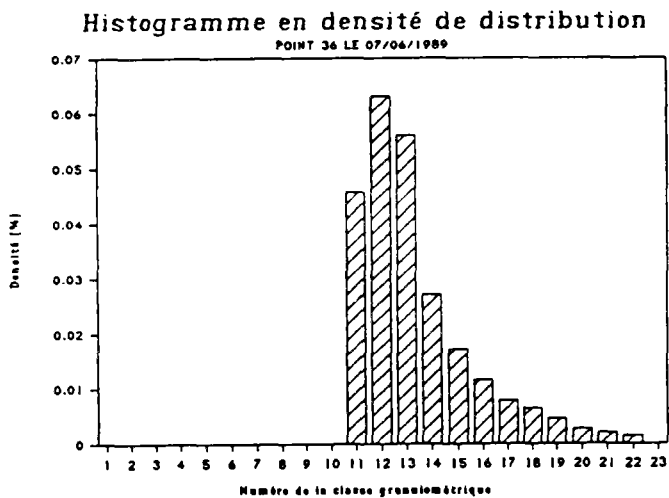
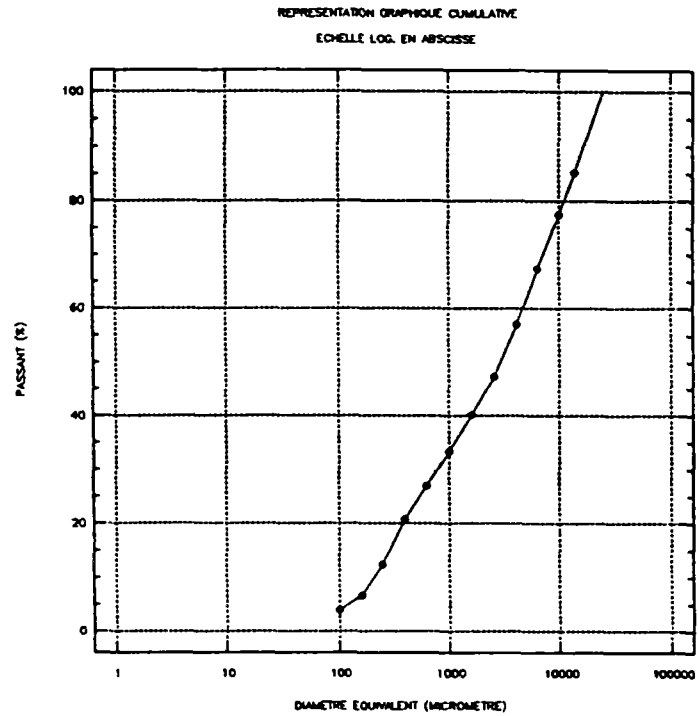
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	1,930	5,890	0,03216
160,00	12	4,704	7,820	0,05227
250,00	13	5,515	12,524	0,03677
400,00	14	5,899	18,039	0,02565
630,00	15	7,851	23,938	0,02122
1000,00	16	11,864	31,789	0,01977
1600,00	17	14,539	43,653	0,01615
2500,00	18	13,300	58,193	0,00887
4000,00	19	8,772	71,493	0,00381
6300,00	20	4,879	80,265	0,00132
10000,00	21	5,132	85,144	0,00128
14000,00	22	9,726	90,276	0,00088
25000,00	23	0,000	100,002	



POINT 36 LE 07/06/1989

Moyen de mesure : TAMIS

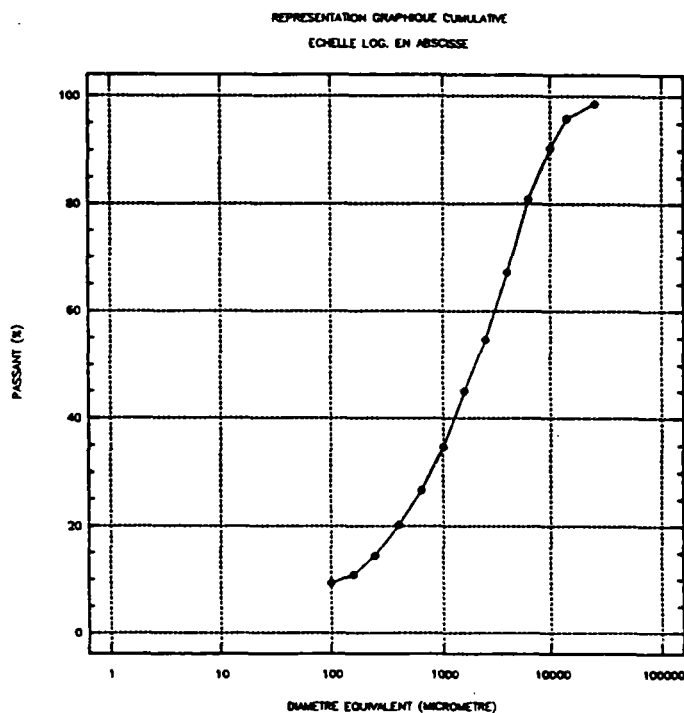
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	2,744	3,910	0,04573
160,00	12	5,681	6,654	0,06312
250,00	13	8,402	12,335	0,05602
400,00	14	6,237	20,737	0,02712
630,00	15	6,373	26,974	0,01722
1000,00	16	6,928	33,346	0,01155
1600,00	17	7,053	40,275	0,00784
2500,00	18	9,695	47,328	0,00646
4000,00	19	10,330	57,023	0,00449
6300,00	20	10,092	67,353	0,00273
10000,00	21	7,801	77,444	0,00195
14000,00	22	14,764	85,246	0,00134
25000,00	23	0,000	100,009	



POINT 46 LE 07/06/1989

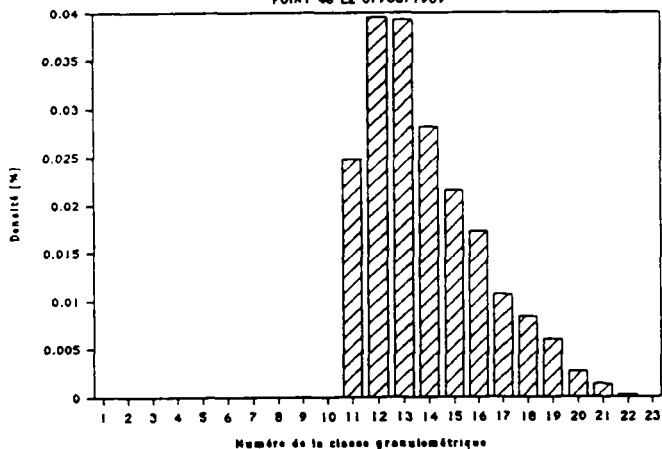
Moyen de mesure : TAMIS

Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	1,489	9,320	0,02481
160,00	12	3,557	10,809	0,03952
250,00	13	5,886	14,365	0,03924
400,00	14	6,477	20,252	0,02816
630,00	15	7,966	26,729	0,02153
1000,00	16	10,341	34,695	0,01723
1600,00	17	9,614	45,036	0,01068
2500,00	18	12,489	54,650	0,00833
4000,00	19	13,705	67,138	0,00596
6300,00	20	9,705	80,843	0,00262
10000,00	21	5,295	90,547	0,00132
14000,00	22	2,761	95,843	0,00025
25000,00	23	1,398	98,604	



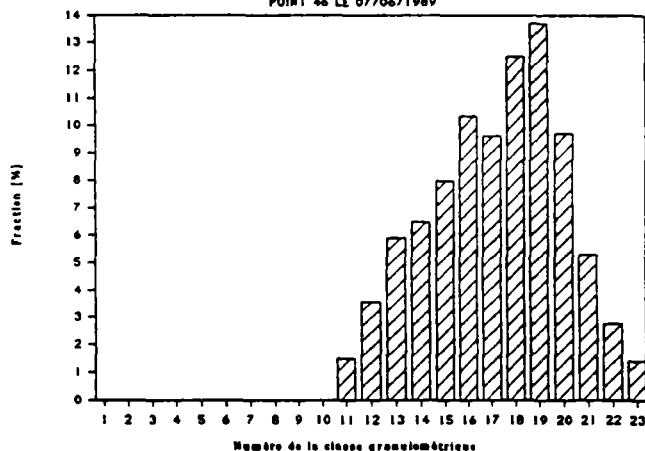
Histogramme en densité de distribution

POINT 46 LE 07/06/1989



Histogramme de la fraction en masse

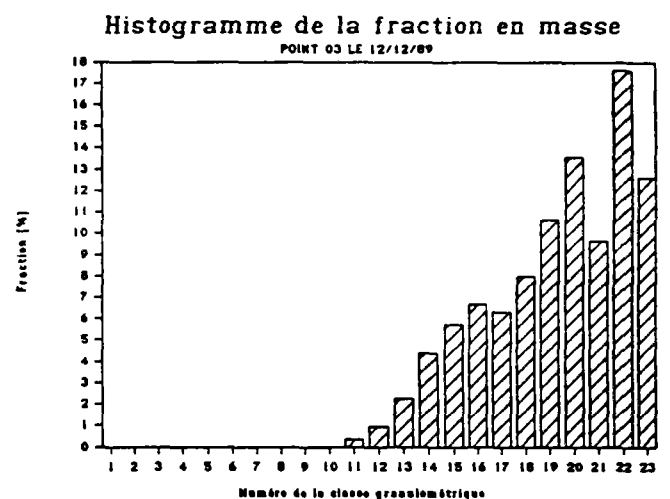
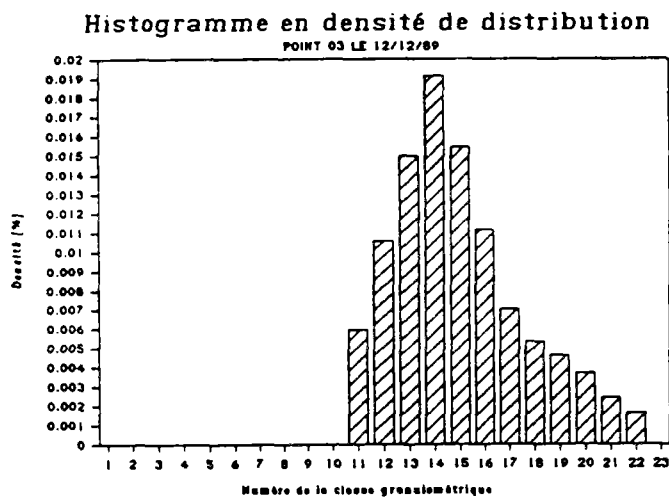
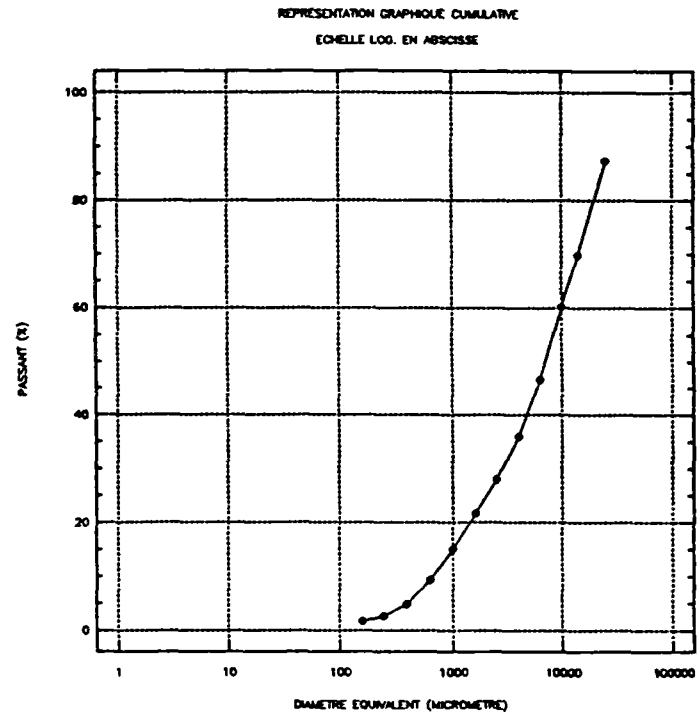
POINT 46 LE 07/06/1989



POINT 03 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

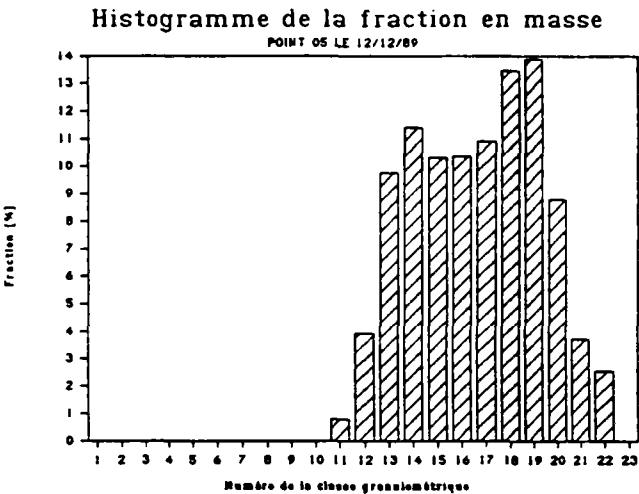
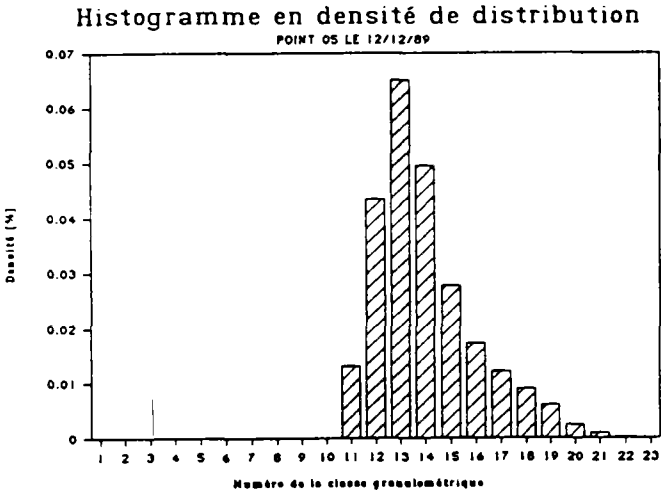
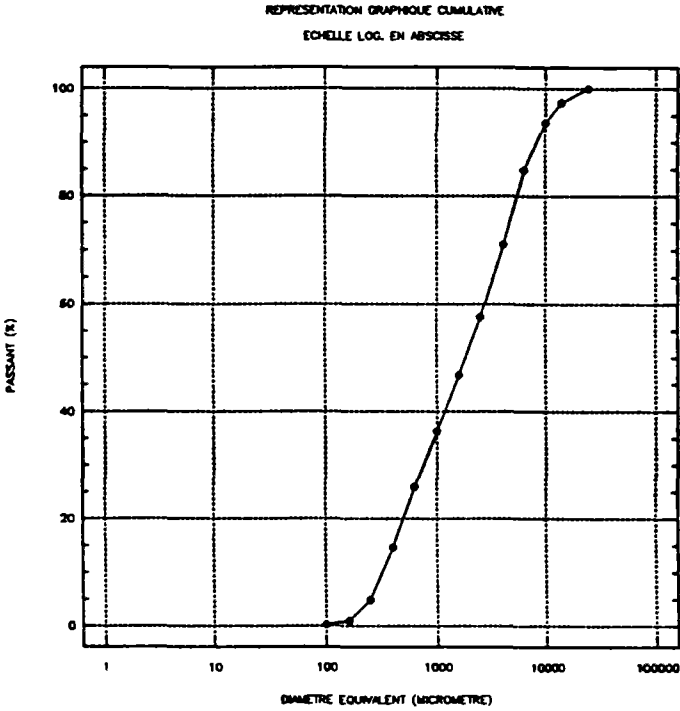
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,357	1,340	0,00595
160,00	12	0,952	1,697	0,01057
250,00	13	2,245	2,649	0,01496
400,00	14	4,397	4,894	0,01912
630,00	15	5,709	9,291	0,01543
1000,00	16	6,679	15,000	0,01113
1600,00	17	6,314	21,679	0,00702
2500,00	18	7,981	27,993	0,00532
4000,00	19	10,615	35,974	0,00462
6300,00	20	13,576	46,589	0,00367
10000,00	21	9,620	60,165	0,00240
14000,00	22	17,623	69,785	0,00160
25000,00	23	12,597	87,408	



POINT 05 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

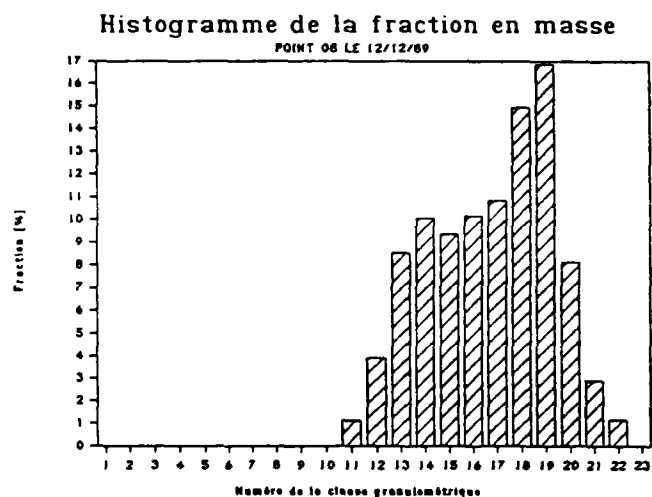
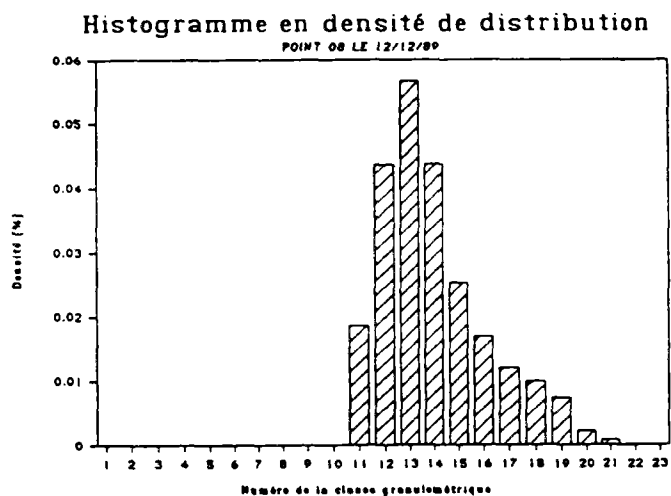
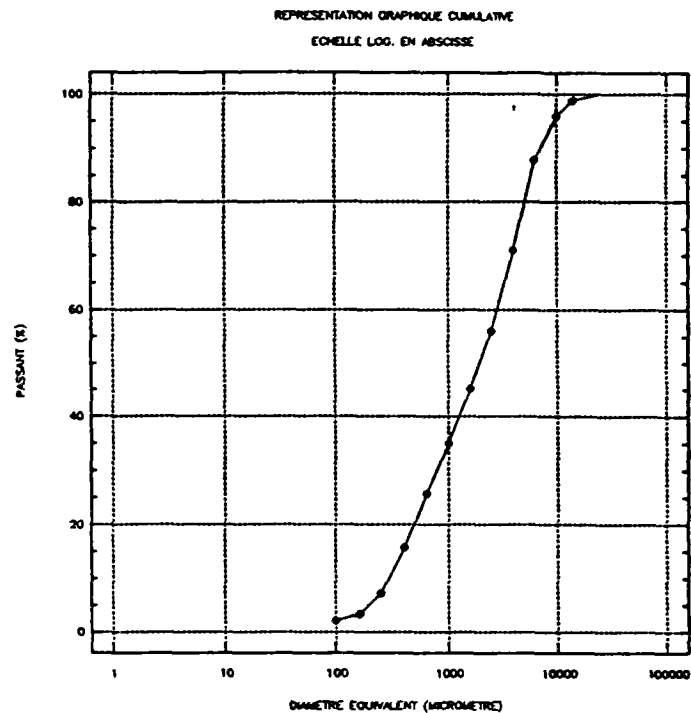
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,782	0,180	0,01304
160,00	12	3,921	0,962	0,04357
250,00	13	9,757	4,883	0,06504
400,00	14	11,397	14,640	0,04955
630,00	15	10,315	26,037	0,02788
1000,00	16	10,360	36,352	0,01727
1600,00	17	10,892	46,712	0,01210
2500,00	18	13,459	57,604	0,00897
4000,00	19	13,875	71,064	0,00603
6300,00	20	8,803	84,939	0,00238
10000,00	21	3,717	93,742	0,00093
14000,00	22	2,538	97,459	0,00023
25000,00	23	0,000	99,997	



POINT 08 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

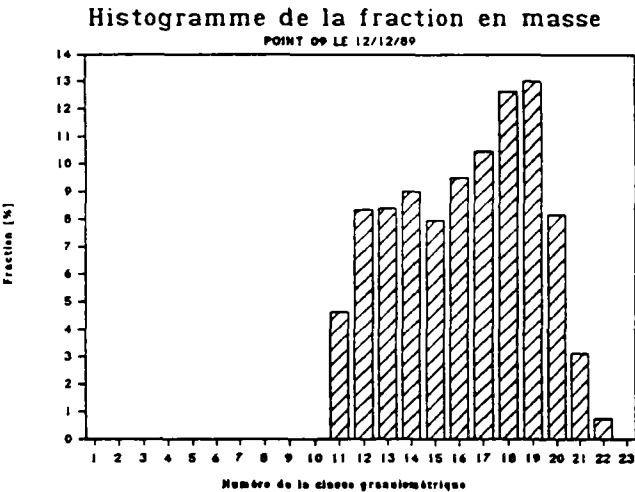
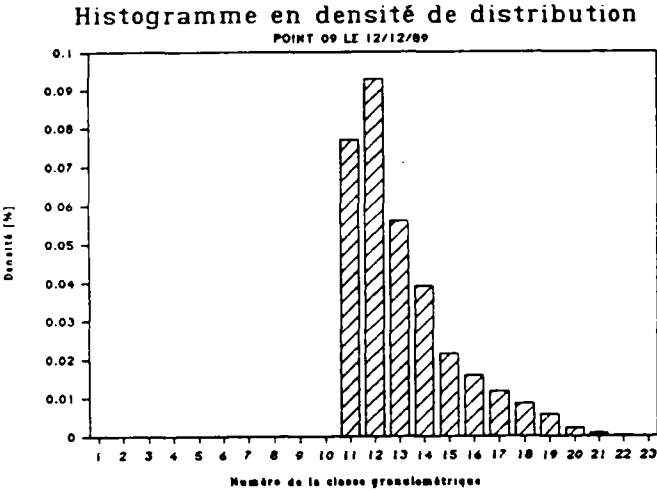
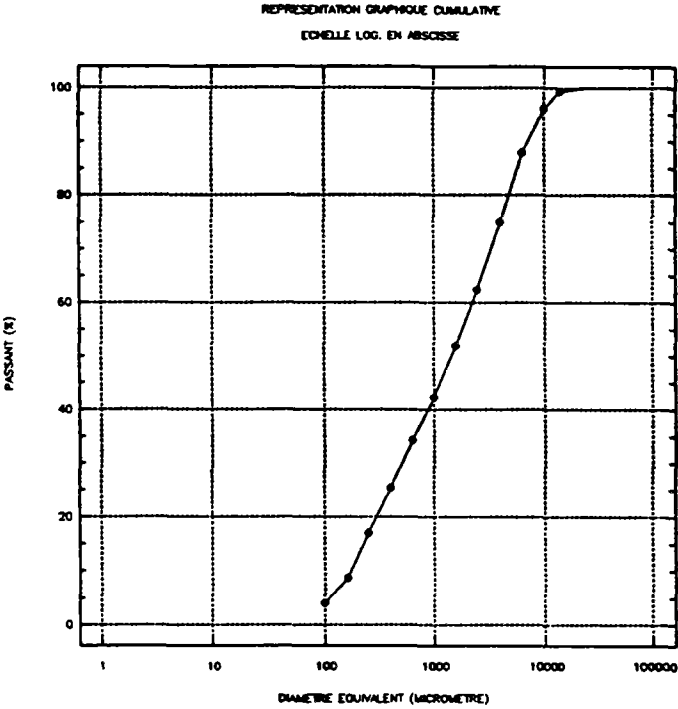
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	1,119	2,170	0,01866
160,00	12	3,921	3,289	0,04357
250,00	13	8,505	7,211	0,05670
400,00	14	10,044	15,716	0,04367
630,00	15	9,342	25,760	0,02525
1000,00	16	10,134	35,103	0,01689
1600,00	17	10,828	45,237	0,01203
2500,00	18	14,911	56,065	0,00994
4000,00	19	16,838	70,976	0,00732
6300,00	20	8,124	87,814	0,00220
10000,00	21	2,905	95,937	0,00073
14000,00	22	1,161	98,842	0,00011
25000,00	23	0,000	100,003	



POINT 09 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

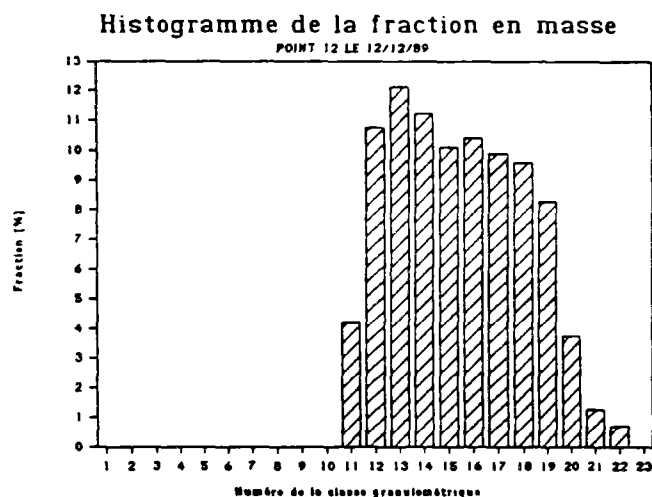
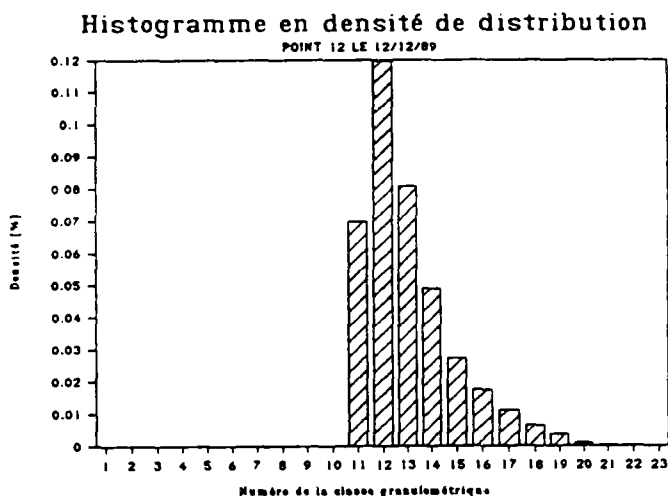
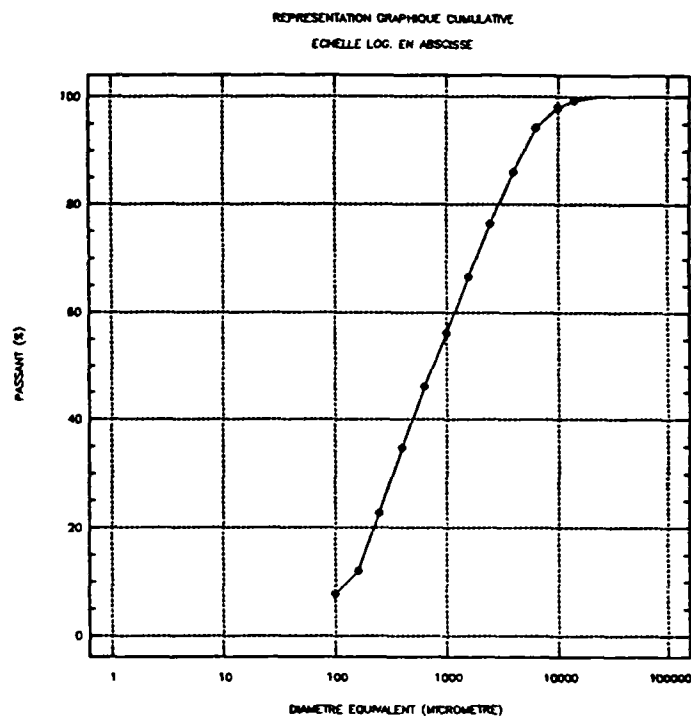
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	4,621	4,020	0,07702
160,00	12	8,347	8,641	0,09275
250,00	13	8,391	16,989	0,05594
400,00	14	9,001	25,380	0,03914
630,00	15	7,956	34,382	0,02150
1000,00	16	9,496	42,337	0,01583
1600,00	17	10,471	51,834	0,01163
2500,00	18	12,639	62,304	0,00843
4000,00	19	13,010	74,943	0,00566
6300,00	20	8,175	87,954	0,00221
10000,00	21	3,128	96,129	0,00078
14000,00	22	0,747	99,257	0,00007
25000,00	23	0,000	100,004	



POINT 12 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

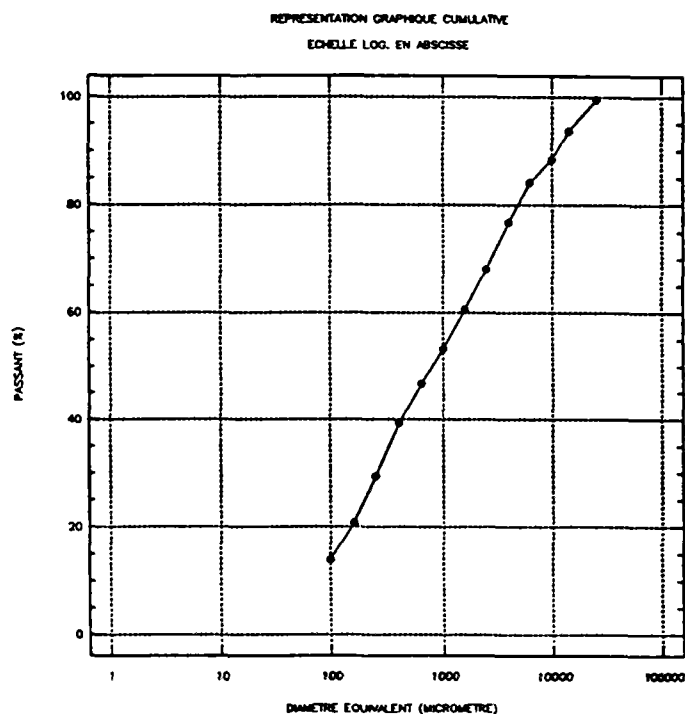
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	4,183	7,790	0,06972
160,00	12	10,762	11,973	0,11958
250,00	13	12,117	22,735	0,08078
400,00	14	11,235	34,852	0,04885
630,00	15	10,097	46,087	0,02729
1000,00	16	10,407	56,183	0,01735
1600,00	17	9,883	66,591	0,01098
2500,00	18	9,586	76,473	0,00639
4000,00	19	8,272	86,059	0,00360
6300,00	20	3,724	94,331	0,00101
10000,00	21	1,259	98,055	0,00031
14000,00	22	0,689	99,314	0,00006
25000,00	23	0,000	100,004	



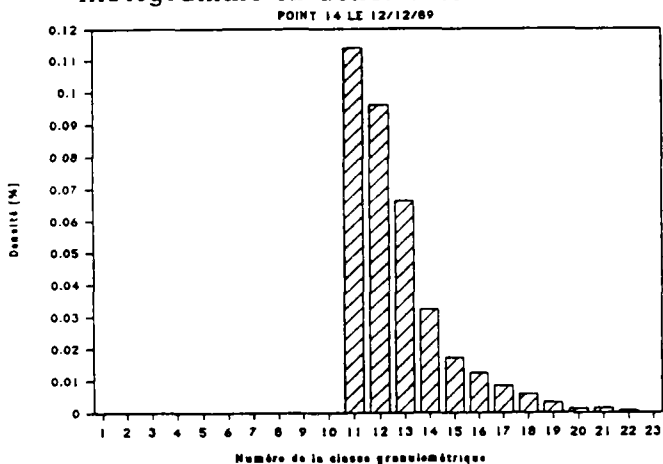
POINT 14 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

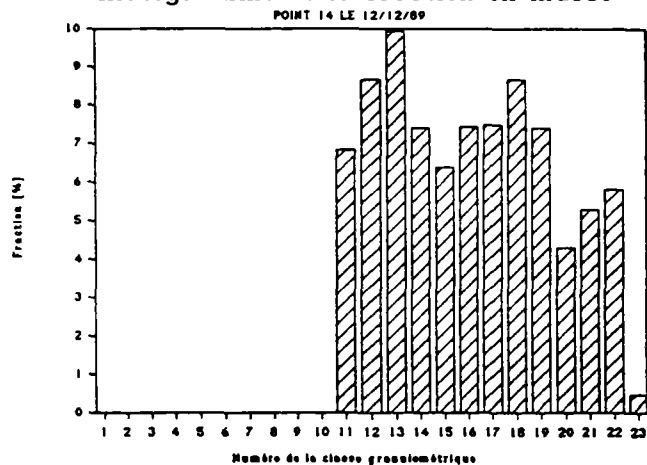
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	6,837	13,940	0,11394
160,00	12	8,652	20,777	0,09613
250,00	13	9,931	29,428	0,06620
400,00	14	7,411	39,359	0,03222
630,00	15	6,375	46,770	0,01723
1000,00	16	7,433	53,145	0,01239
1600,00	17	7,492	60,578	0,00832
2500,00	18	8,661	68,070	0,00577
4000,00	19	7,412	76,731	0,00322
6300,00	20	4,291	84,143	0,00116
10000,00	21	5,273	88,433	0,00132
14000,00	22	5,819	93,706	0,00053
25000,00	23	0,473	99,525	



Histogramme en densité de distribution



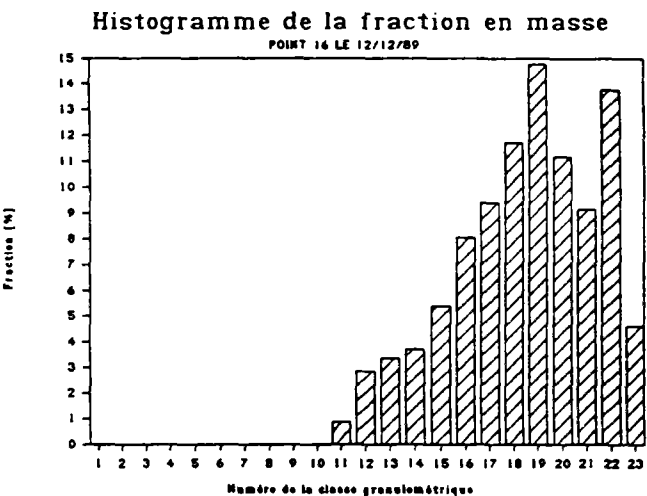
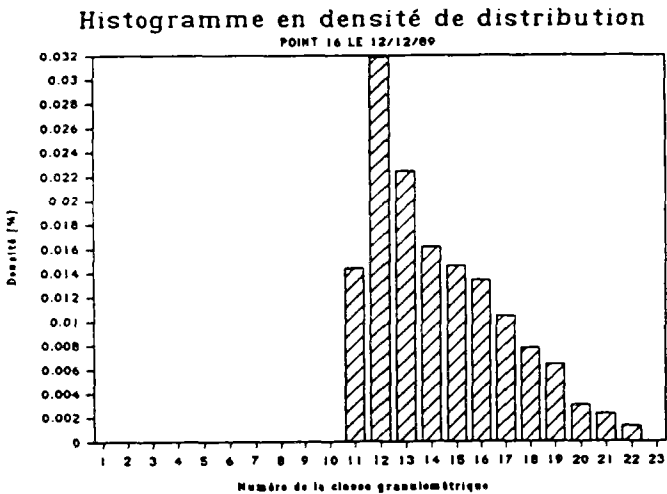
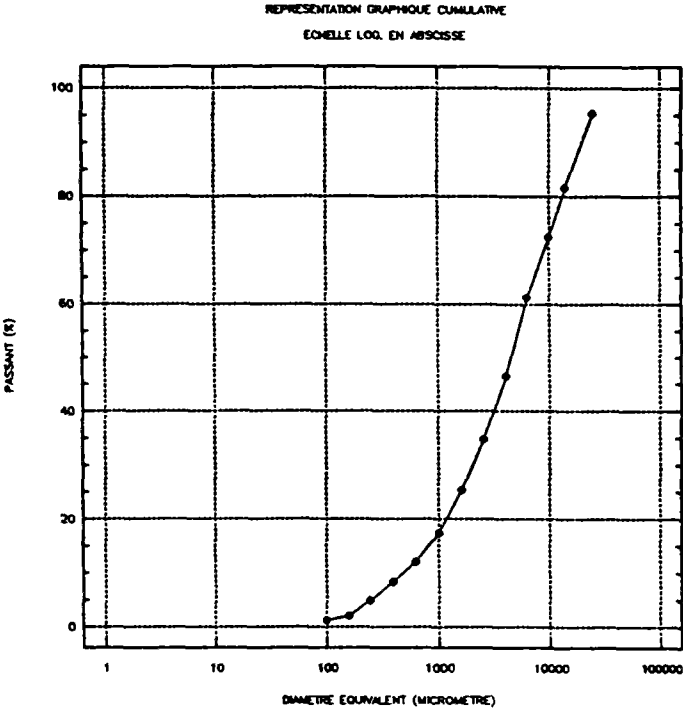
Histogramme de la fraction en masse



POINT 16 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

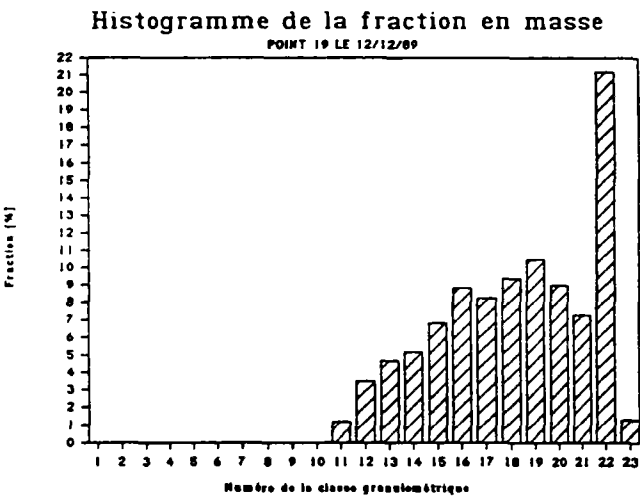
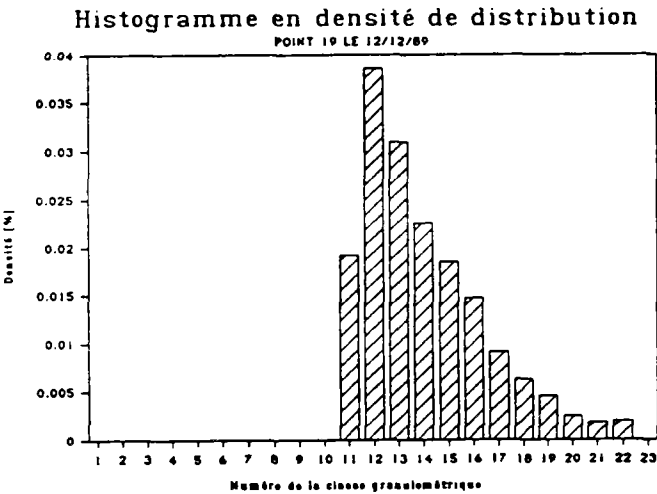
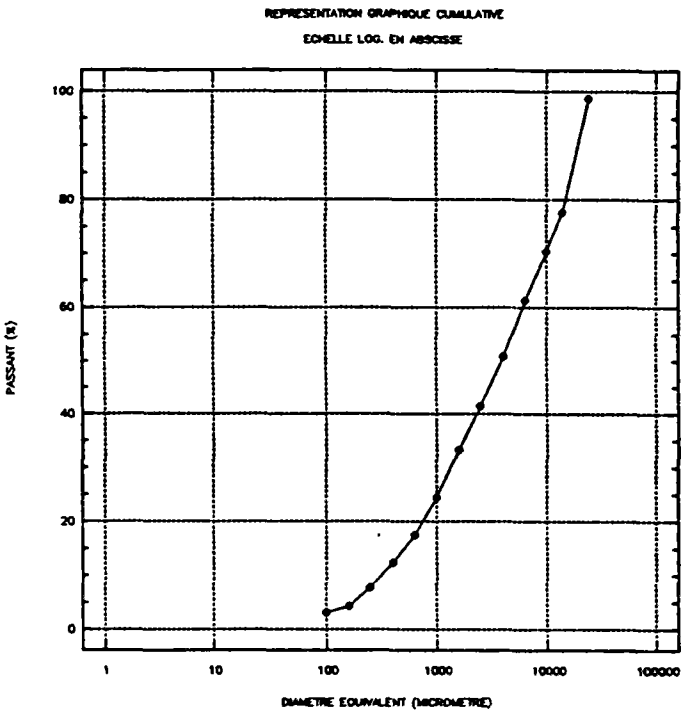
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,862	1,210	0,01436
160,00	12	2,865	2,072	0,03184
250,00	13	3,358	4,937	0,02239
400,00	14	3,713	8,295	0,01614
630,00	15	5,394	12,007	0,01458
1000,00	16	8,043	17,402	0,01341
1600,00	17	9,395	25,445	0,01044
2500,00	18	11,698	34,840	0,00780
4000,00	19	14,770	46,538	0,00642
6300,00	20	11,188	61,308	0,00302
10000,00	21	9,141	72,496	0,00229
14000,00	22	13,750	81,636	0,00125
25000,00	23	4,612	95,386	



POINT 19 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

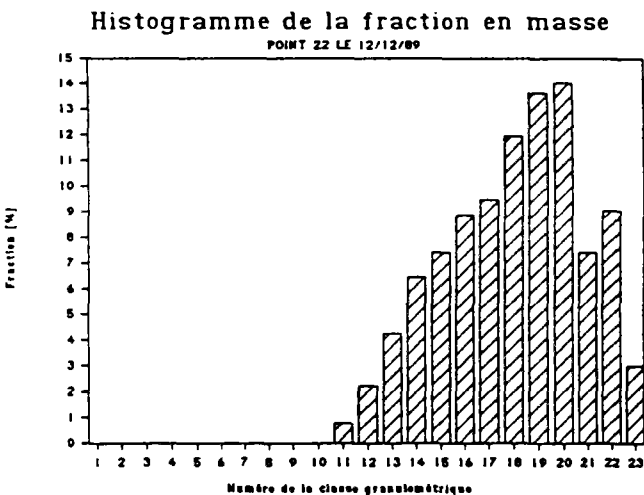
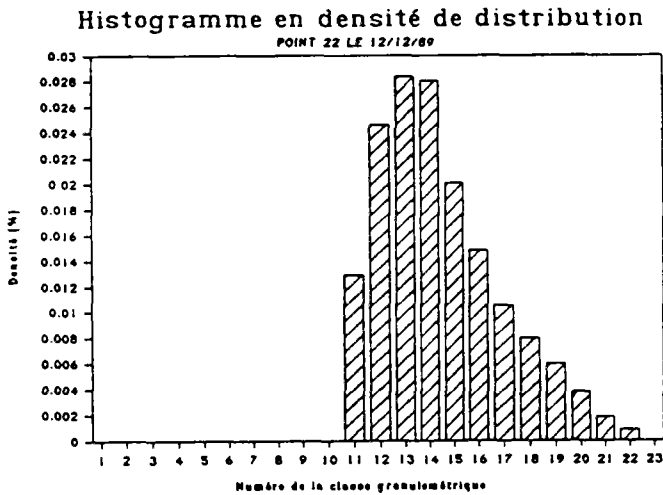
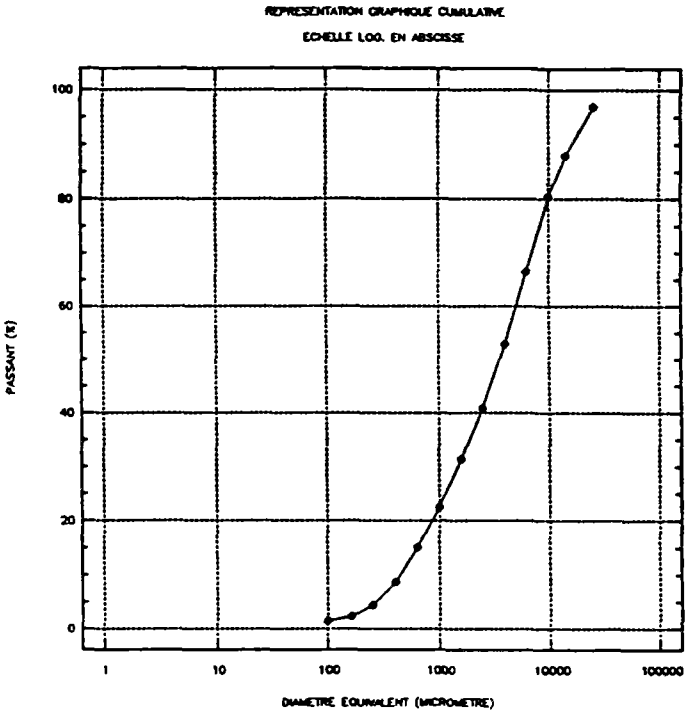
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	1,151	3,120	0,01918
160,00	12	3,473	4,271	0,03859
250,00	13	4,644	7,744	0,03096
400,00	14	5,180	12,388	0,02252
630,00	15	6,849	17,567	0,01851
1000,00	16	8,824	24,416	0,01471
1600,00	17	8,229	33,240	0,00914
2500,00	18	9,370	41,469	0,00625
4000,00	19	10,474	50,838	0,00455
6300,00	20	8,971	61,313	0,00242
10000,00	21	7,280	70,284	0,00182
14000,00	22	21,171	77,564	0,00192
25000,00	23	1,261	98,734	



POINT 22 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

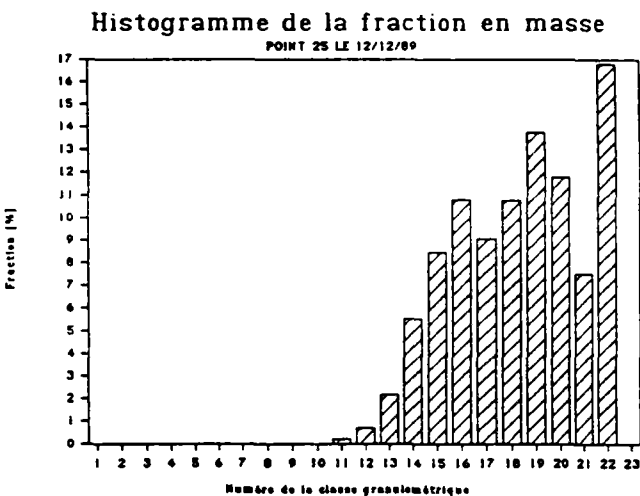
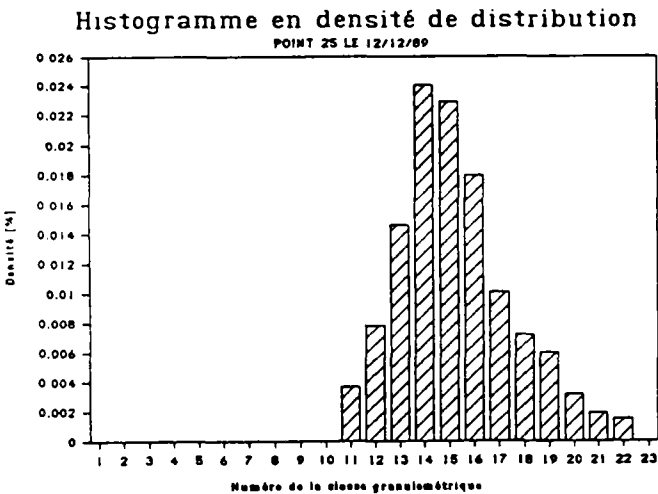
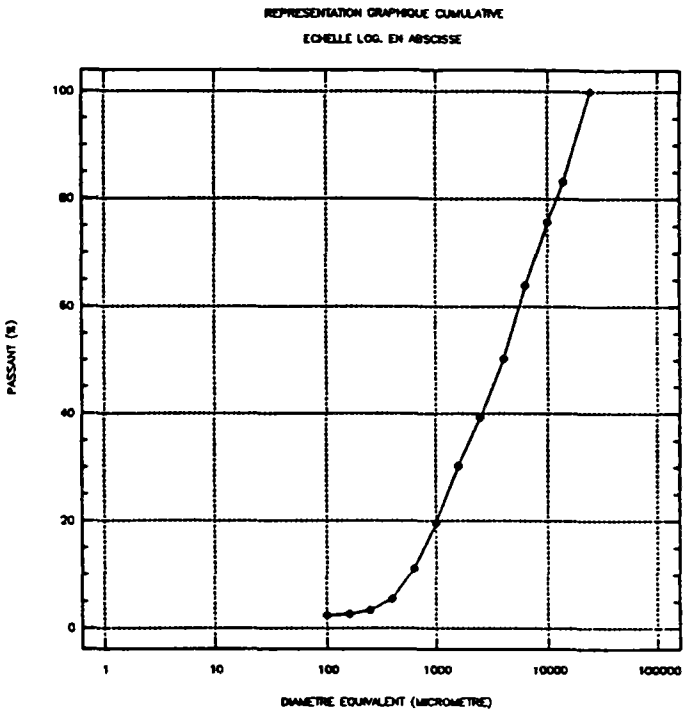
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,771	1,440	0,01286
160,00	12	2,212	2,211	0,02458
250,00	13	4,252	4,424	0,02835
400,00	14	6,452	8,676	0,02805
630,00	15	7,416	15,128	0,02004
1000,00	16	8,866	22,545	0,01478
1600,00	17	9,469	31,411	0,01052
2500,00	18	11,962	40,880	0,00797
4000,00	19	13,640	52,842	0,00593
6300,00	20	14,043	66,482	0,00380
10000,00	21	7,405	80,525	0,00185
14000,00	22	9,057	87,930	0,00082
25000,00	23	3,008	96,987	



POINT 25 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

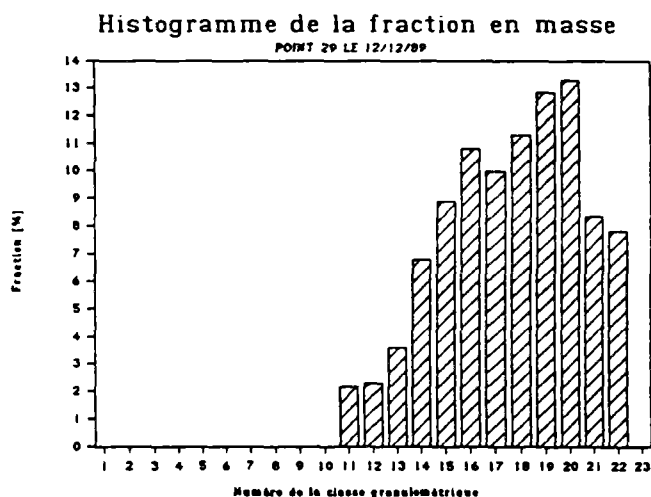
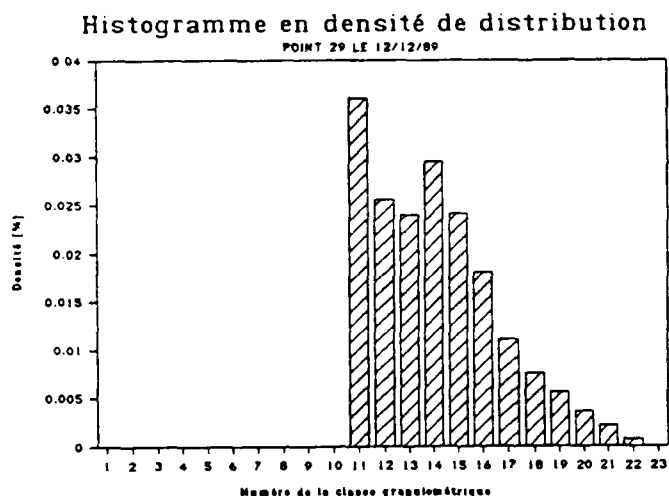
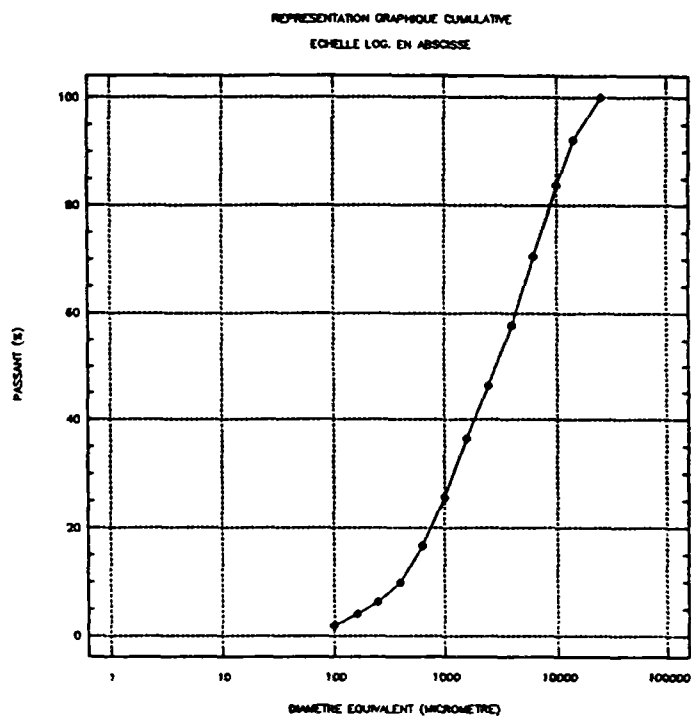
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,221	2,400	0,00368
160,00	12	0,705	2,621	0,00783
250,00	13	2,192	3,326	0,01461
400,00	14	5,527	5,517	0,02403
630,00	15	8,467	11,045	0,02288
1000,00	16	10,779	19,511	0,01797
1600,00	17	9,073	30,290	0,01008
2500,00	18	10,770	39,364	0,00718
4000,00	19	13,746	50,134	0,00598
6300,00	20	11,804	63,880	0,00319
10000,00	21	7,523	75,684	0,00188
14000,00	22	16,787	83,207	0,00153
25000,00	23	0,000	99,994	



POINT 29 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

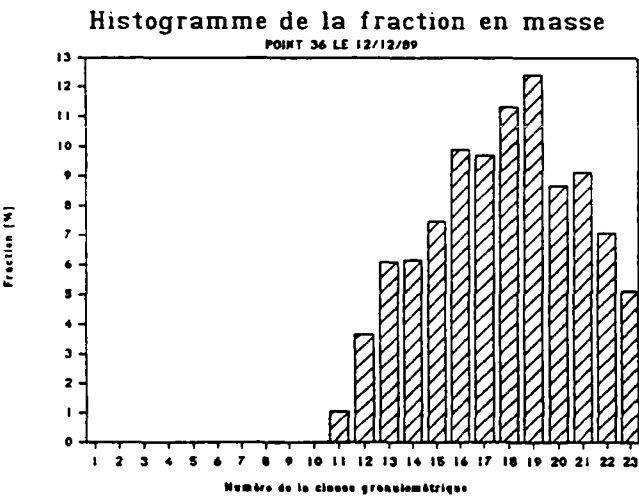
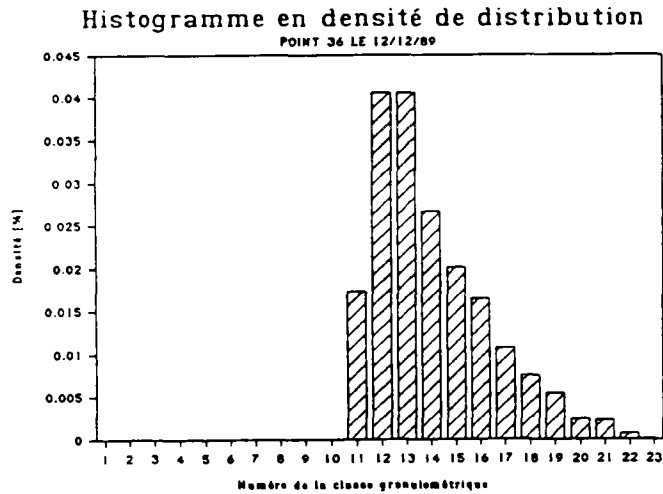
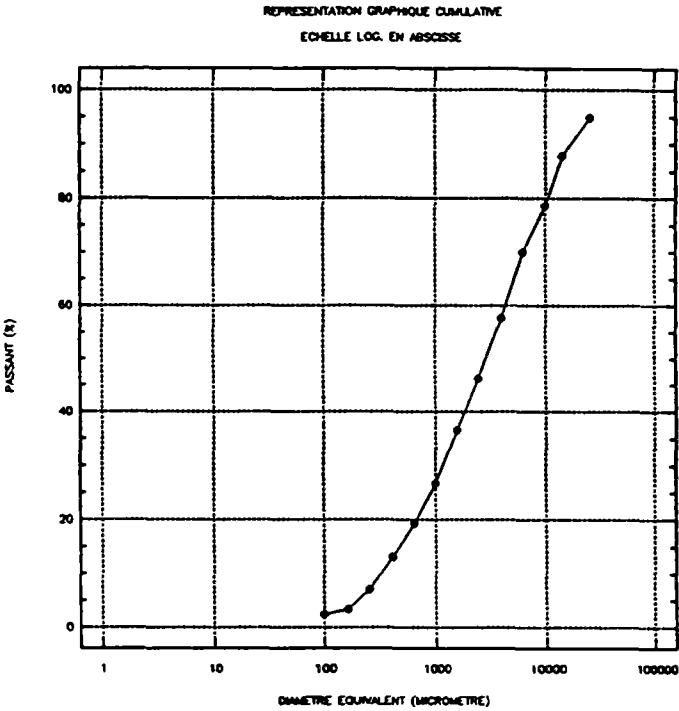
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	2,161	1,880	0,03602
160,00	12	2,297	4,041	0,02552
250,00	13	3,594	6,338	0,02396
400,00	14	6,776	9,932	0,02946
630,00	15	8,897	16,708	0,02404
1000,00	16	10,813	25,604	0,01802
1600,00	17	9,991	36,418	0,01110
2500,00	18	11,295	46,409	0,00753
4000,00	19	12,833	57,704	0,00558
6300,00	20	13,300	70,537	0,00359
10000,00	21	8,362	83,837	0,00209
14000,00	22	7,802	92,199	0,00071
25000,00	23	0,000	100,000	



POINT 36 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

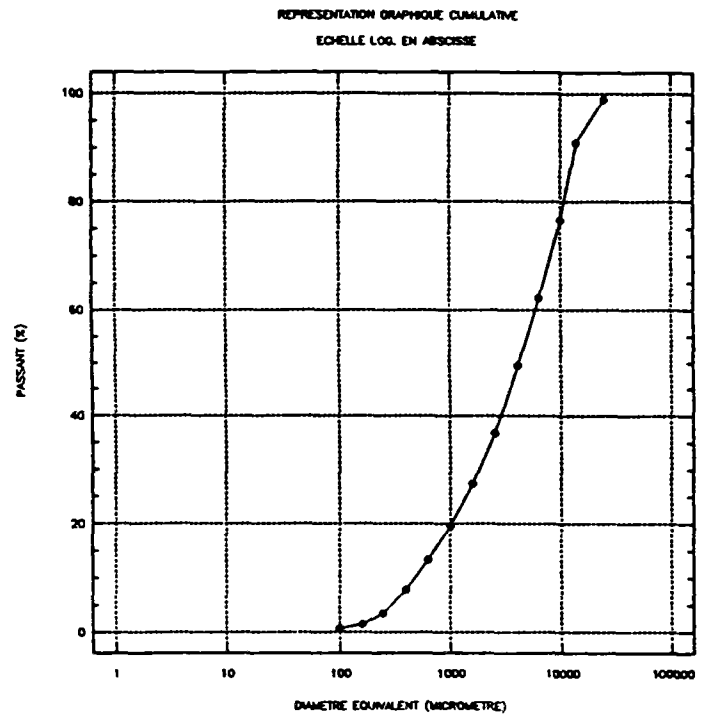
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	1,038	2,350	0,01731
160,00	12	3,652	3,388	0,04057
250,00	13	6,086	7,040	0,04057
400,00	14	6,146	13,126	0,02672
630,00	15	7,455	19,272	0,02015
1000,00	16	9,891	26,727	0,01649
1600,00	17	9,695	36,618	0,01077
2500,00	18	11,318	46,313	0,00755
4000,00	19	12,401	57,632	0,00539
6300,00	20	8,661	70,033	0,00234
10000,00	21	9,125	78,694	0,00228
14000,00	22	7,064	87,819	0,00064
25000,00	23	5,114	94,883	



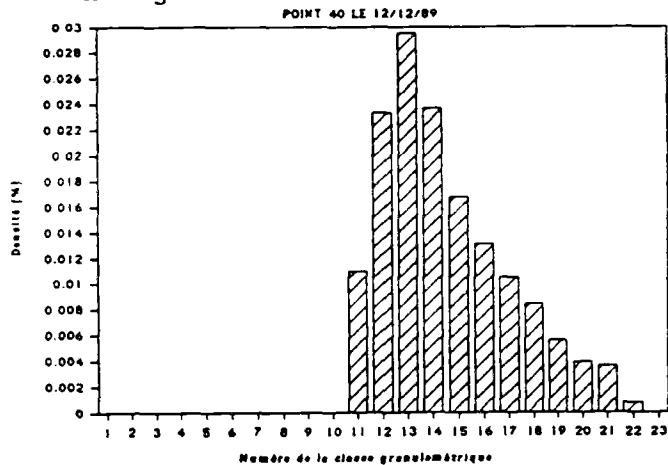
POINT 40 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

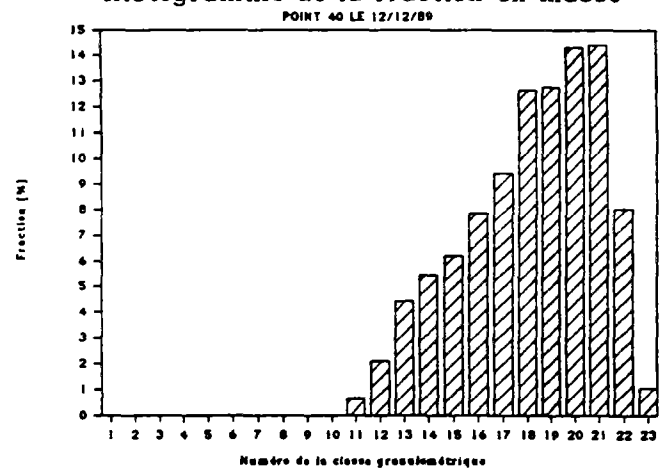
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,656	0,740	0,01093
160,00	12	2,099	1,396	0,02333
250,00	13	4,423	3,495	0,02949
400,00	14	5,445	7,918	0,02368
630,00	15	6,191	13,364	0,01673
1000,00	16	7,839	19,555	0,01307
1600,00	17	9,425	27,394	0,01047
2500,00	18	12,636	36,819	0,00842
4000,00	19	12,748	49,455	0,00554
6300,00	20	14,324	62,203	0,00387
10000,00	21	14,408	76,526	0,00360
14000,00	22	8,017	90,935	0,00073
25000,00	23	1,053	98,952	



Histogramme en densité de distribution



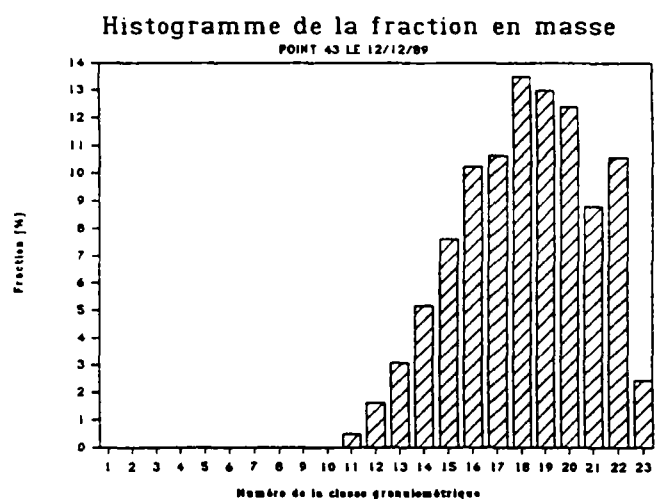
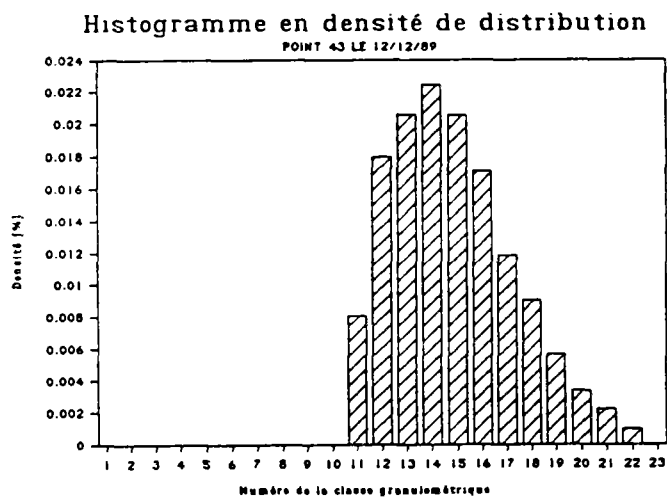
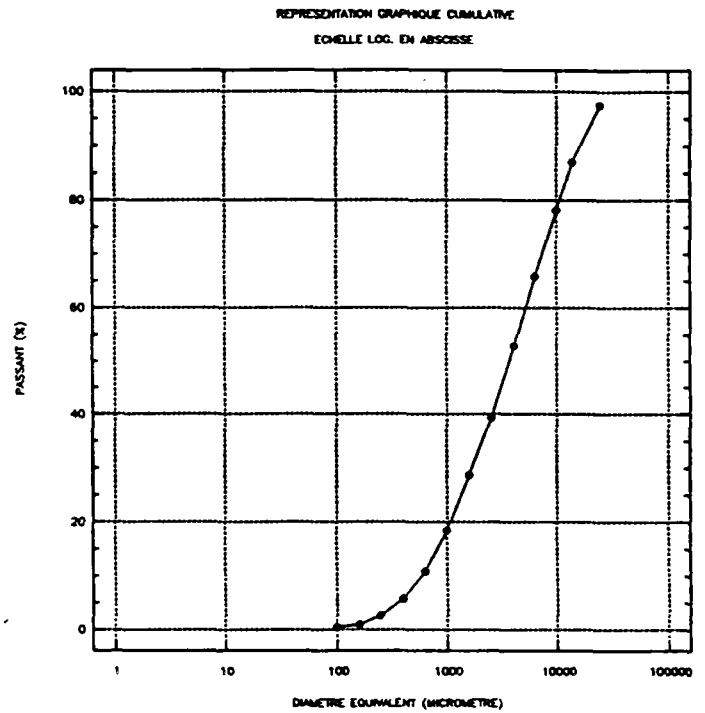
Histogramme de la fraction en masse



POINT 43 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

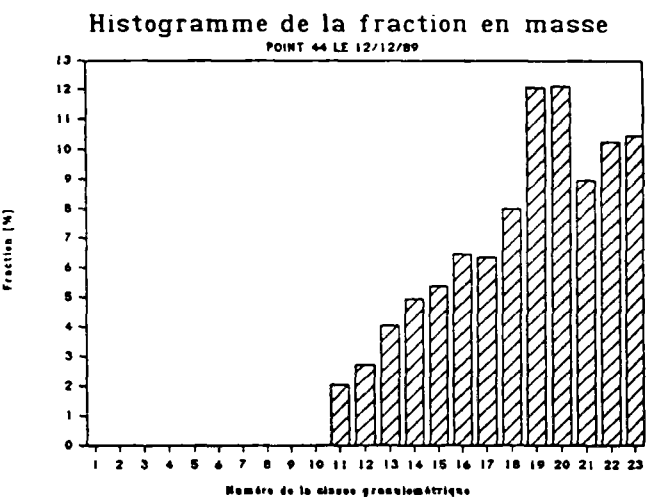
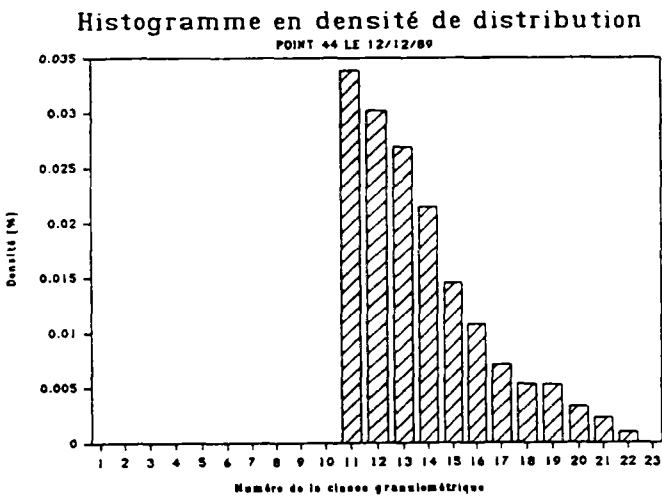
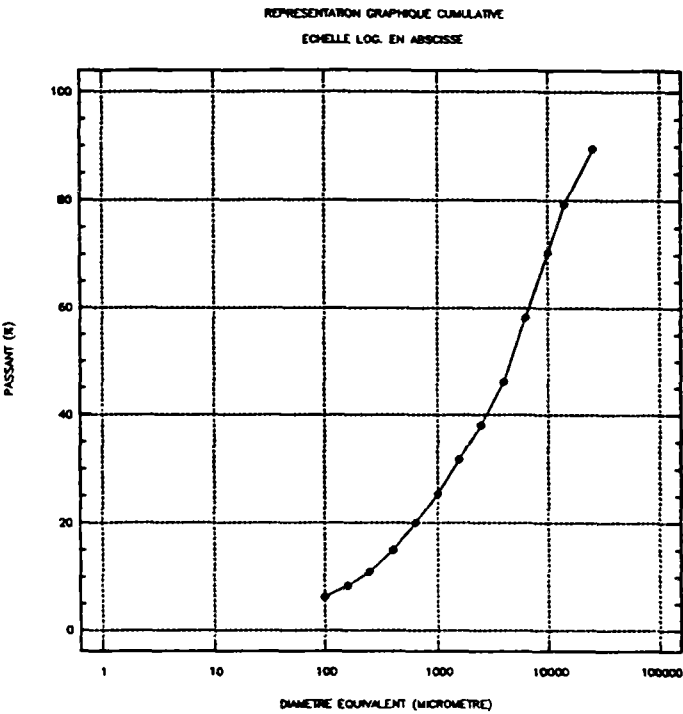
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,484	0,470	0,00807
160,00	12	1,618	0,954	0,01798
250,00	13	3,087	2,572	0,02058
400,00	14	5,161	5,660	0,02244
630,00	15	7,599	10,821	0,02054
1000,00	16	10,254	18,419	0,01709
1600,00	17	10,639	28,673	0,01182
2500,00	18	13,503	39,311	0,00900
4000,00	19	12,997	52,814	0,00565
6300,00	20	12,397	65,811	0,00335
10000,00	21	8,793	78,208	0,00220
14000,00	22	10,584	87,001	0,00096
25000,00	23	2,419	97,584	



POINT 44 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

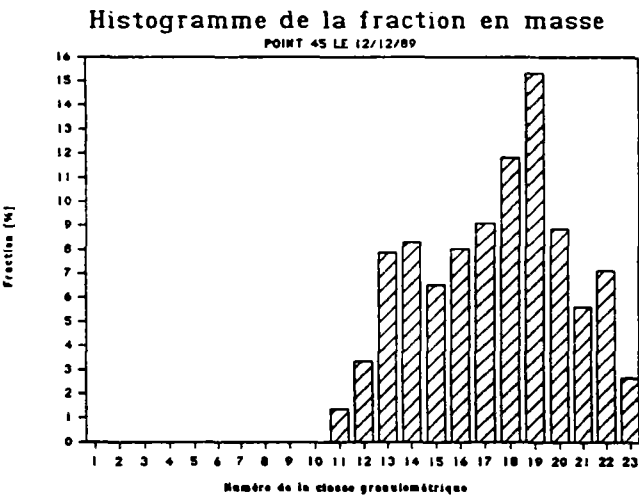
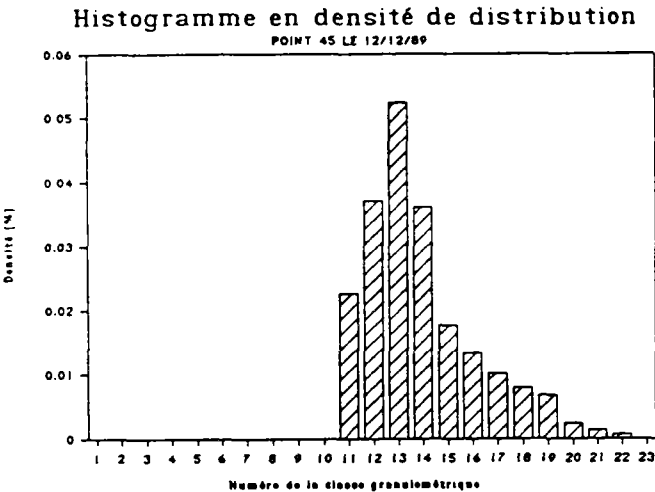
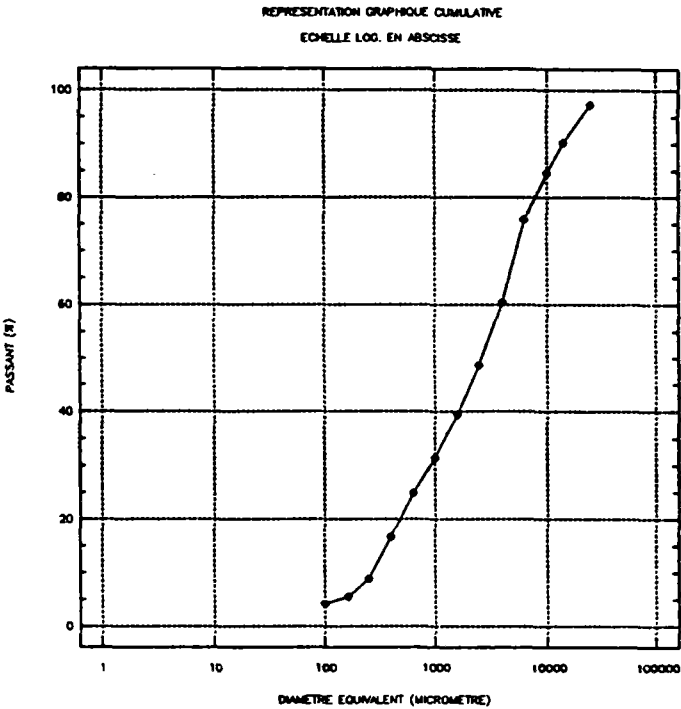
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	2,030	6,260	0,03384
160,00	12	2,718	8,290	0,03020
250,00	13	4,040	11,009	0,02694
400,00	14	4,933	15,049	0,02145
630,00	15	5,352	19,982	0,01446
1000,00	16	6,459	25,334	0,01077
1600,00	17	6,337	31,793	0,00704
2500,00	18	7,993	38,130	0,00533
4000,00	19	12,077	46,123	0,00525
6300,00	20	12,134	58,201	0,00328
10000,00	21	8,964	70,335	0,00224
14000,00	22	10,261	79,299	0,00093
25000,00	23	10,441	89,560	



POINT 45 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

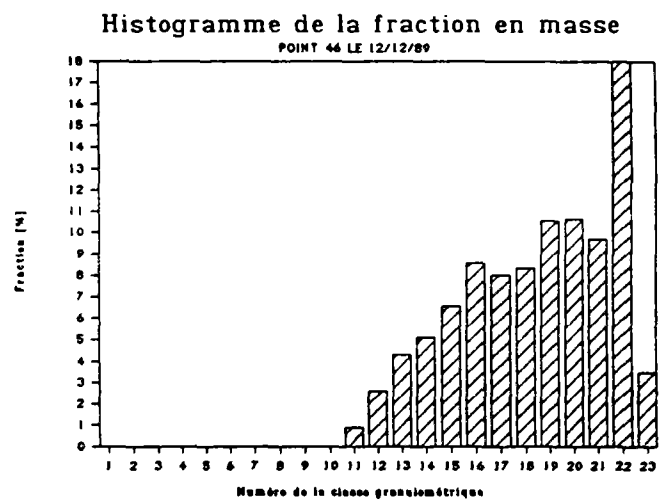
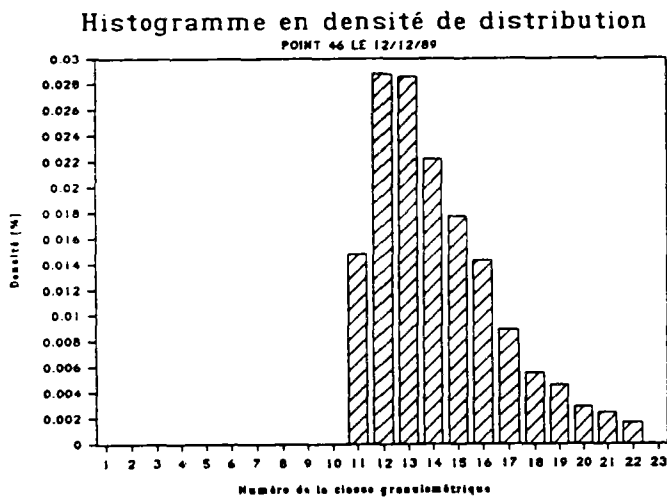
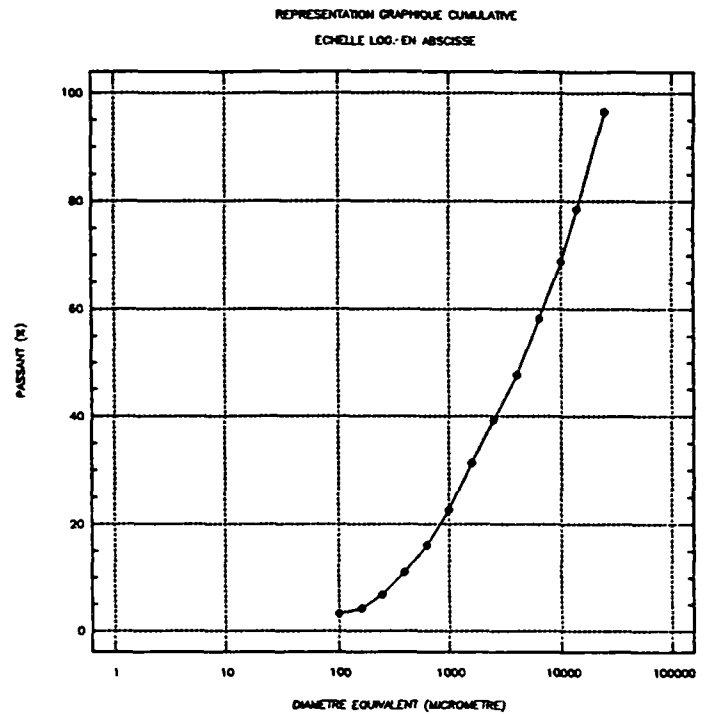
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	1,358	4,120	0,02264
160,00	12	3,338	5,478	0,03709
250,00	13	7,851	8,817	0,05234
400,00	14	8,298	16,668	0,03608
630,00	15	6,529	24,966	0,01765
1000,00	16	8,012	31,495	0,01335
1600,00	17	9,091	39,508	0,01010
2500,00	18	11,832	48,599	0,00789
4000,00	19	15,338	60,431	0,00667
6300,00	20	8,866	75,769	0,00240
10000,00	21	5,606	84,635	0,00140
14000,00	22	7,100	90,241	0,00065
25000,00	23	2,655	97,341	



POINT 46 LE 12/12/89

Moyen de mesure : TAMIS

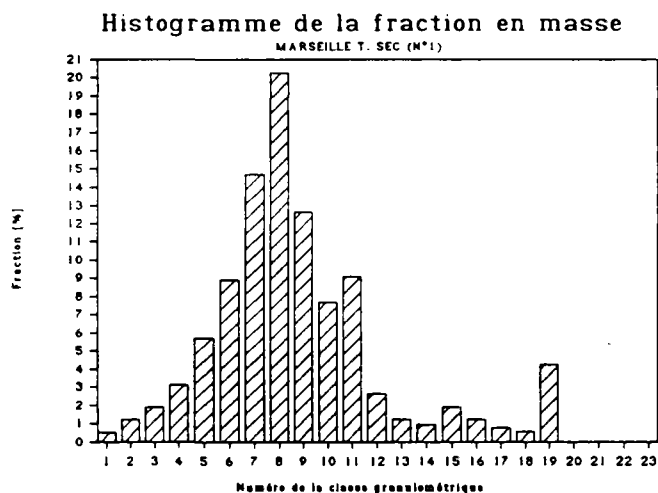
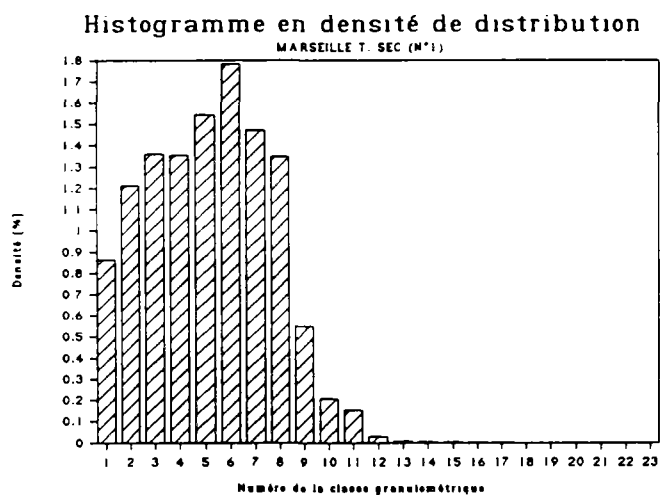
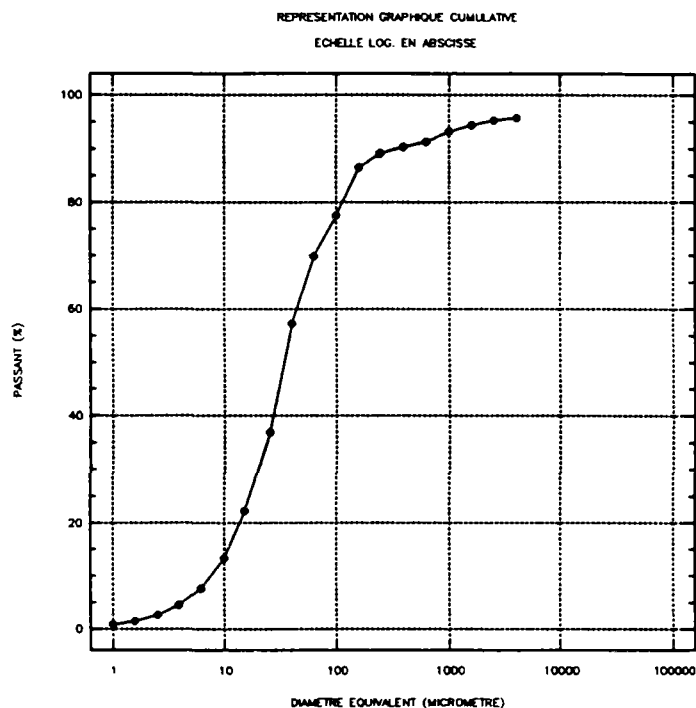
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1			
1,60	2			
2,60	3			
4,00	4			
6,30	5			
10,00	6			
15,00	7			
25,00	8			
40,00	9			
63,00	10			
100,00	11	0,888	3,270	0,01480
160,00	12	2,592	4,158	0,02880
250,00	13	4,286	6,750	0,02857
400,00	14	5,105	11,035	0,02219
630,00	15	6,566	16,140	0,01774
1000,00	16	8,589	22,706	0,01431
1600,00	17	8,009	31,294	0,00890
2500,00	18	8,336	39,304	0,00556
4000,00	19	10,545	47,640	0,00458
6300,00	20	10,636	58,185	0,00287
10000,00	21	9,701	68,820	0,00243
14000,00	22	17,997	78,521	0,00164
25000,00	23	3,482	96,519	



MARSEILLE T. SEC (N°1)

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS (SANS ULTRASONS)

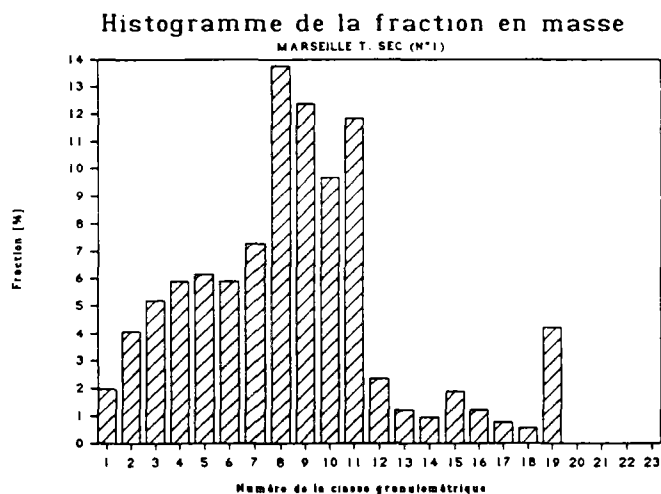
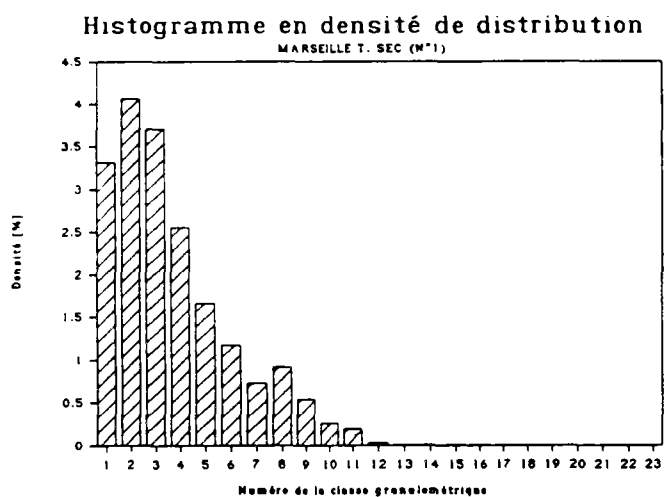
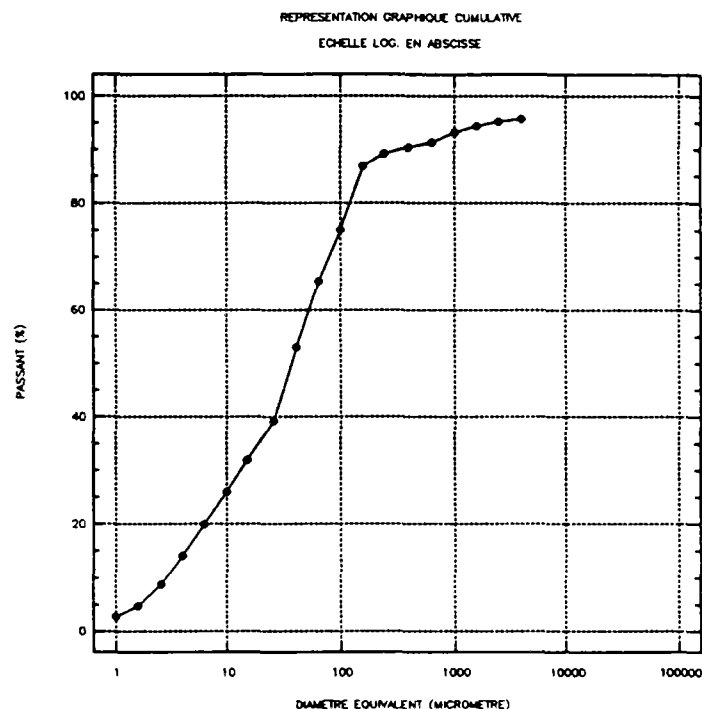
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,519	0,865	0,86500
1,60	2	1,211	1,384	1,21100
2,60	3	1,903	2,595	1,35929
4,00	4	3,114	4,498	1,35391
6,30	5	5,709	7,612	1,54297
10,00	6	8,910	13,321	1,78190
15,00	7	14,705	22,231	1,47050
25,00	8	20,241	36,936	1,34940
40,00	9	12,629	57,177	0,54909
63,00	10	7,677	69,805	0,20749
100,00	11	9,090	77,483	0,15149
160,00	12	2,611	86,572	0,02901
250,00	13	1,215	89,183	0,00810
400,00	14	0,948	90,398	0,00412
630,00	15	1,889	91,347	0,00510
1000,00	16	1,220	93,235	0,00203
1600,00	17	0,765	94,455	0,00085
2500,00	18	0,550	95,221	0,00037
4000,00	19	4,236	95,771	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



MARSEILLE T. SEC (N°1)

Moyen de mesure : TAMIS + CILAS (AVEC ULTRASON)

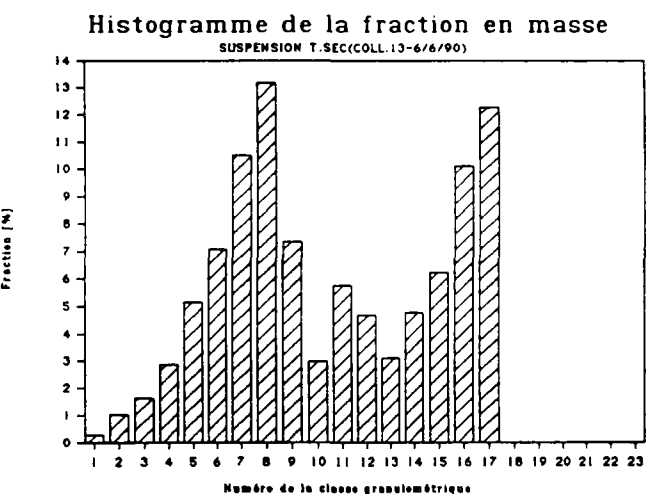
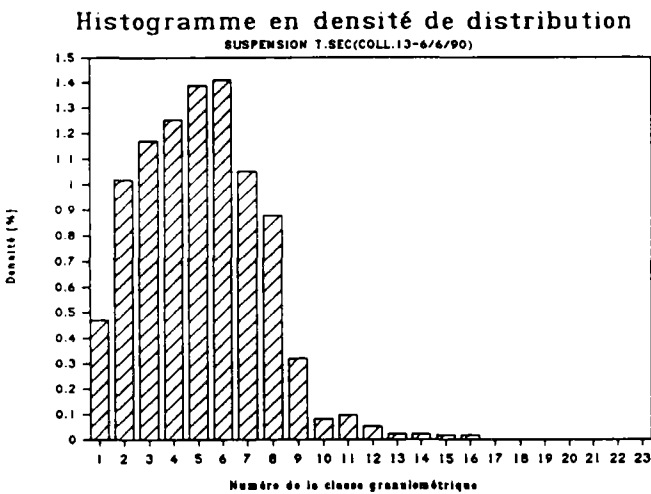
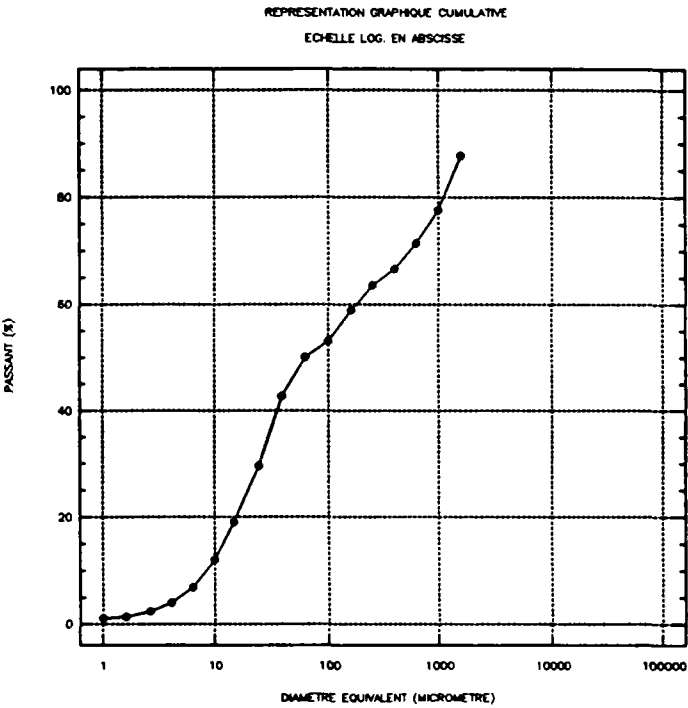
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	1,990	2,768	3,31583
1,60	2	4,065	4,758	4,06550
2,60	3	5,190	8,823	3,70714
4,00	4	5,882	14,013	2,55739
6,30	5	6,142	19,895	1,65986
10,00	6	5,882	26,037	1,17640
15,00	7	7,266	31,919	0,72660
25,00	8	13,754	39,185	0,91690
40,00	9	12,370	52,938	0,53780
63,00	10	9,688	65,308	0,26184
100,00	11	11,837	74,996	0,19728
160,00	12	2,350	86,832	0,02611
250,00	13	1,215	89,182	0,00810
400,00	14	0,948	90,397	0,00412
630,00	15	1,889	91,345	0,00510
1000,00	16	1,220	93,234	0,00203
1600,00	17	0,765	94,454	0,00085
2500,00	18	0,550	95,220	0,00037
4000,00	19	4,236	95,770	
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



SUSPENSION T.SEC(COLL.13-6/6/90)

Moyen de mesure : TAMIS+CILAS(SANS ULTRASON)

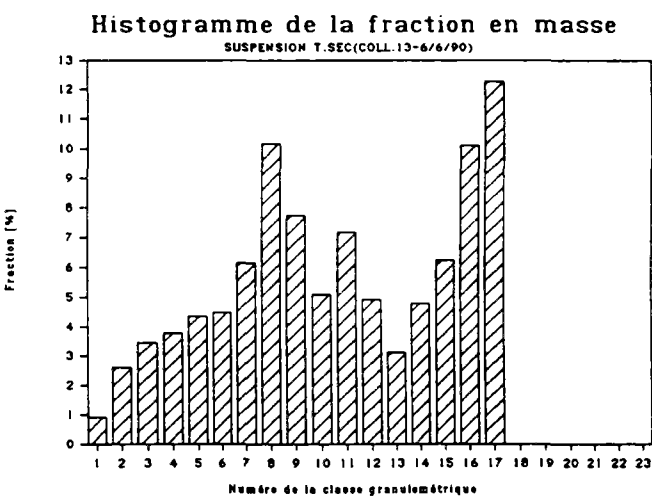
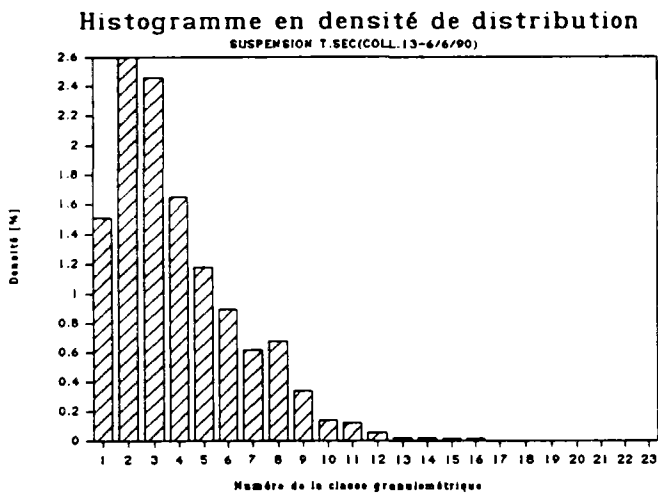
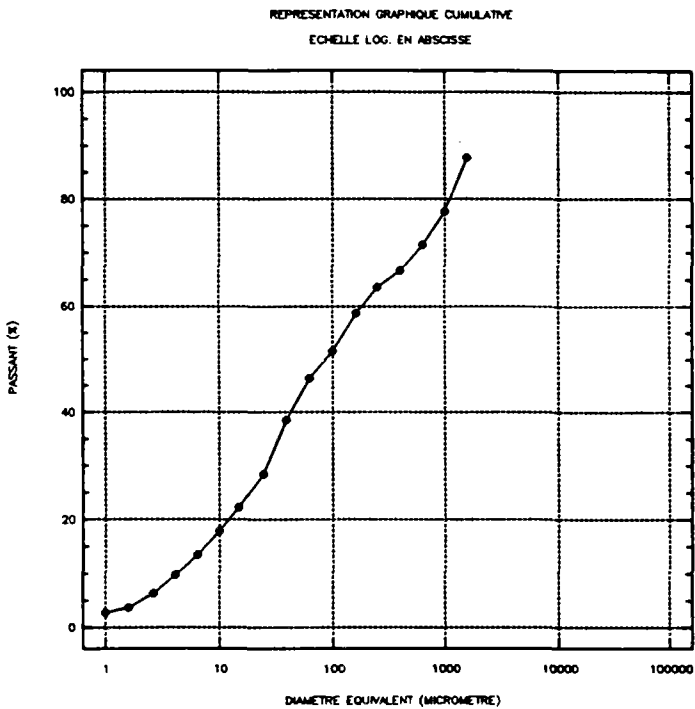
Diamètre équival. d_i [μ m]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,283	1,074	0,47083
1,60	2	1,017	1,356	1,01700
2,60	3	1,639	2,373	1,17036
4,00	4	2,881	4,012	1,25283
6,30	5	5,142	6,893	1,38959
10,00	6	7,062	12,035	1,41250
15,00	7	10,509	19,097	1,05090
25,00	8	13,165	29,606	0,87763
40,00	9	7,345	42,771	0,31935
63,00	10	2,990	50,116	0,08081
100,00	11	5,758	53,106	0,09596
160,00	12	4,682	58,863	0,05202
250,00	13	3,110	63,545	0,02073
400,00	14	4,768	66,655	0,02073
630,00	15	6,230	71,424	0,01684
1000,00	16	10,102	77,653	0,01684
1600,00	17	12,269	87,755	
2500,00	18			
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



SUSPENSION T.SEC(COLL.13-6/6/90)

Moyen de mesure : TAMIS+CILAS(4 MIN. D'ULTRASONS)

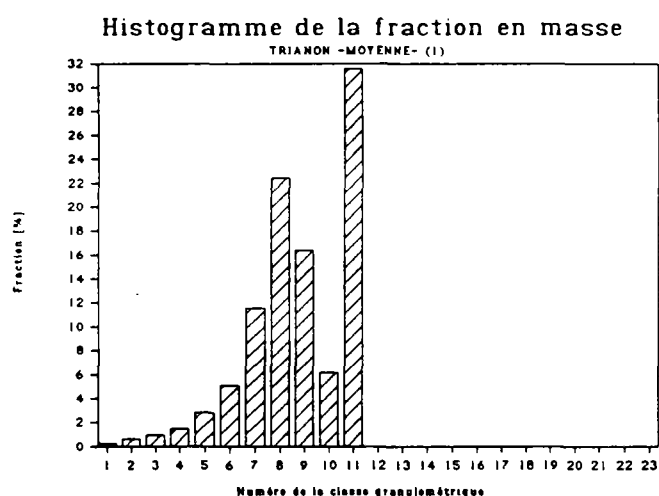
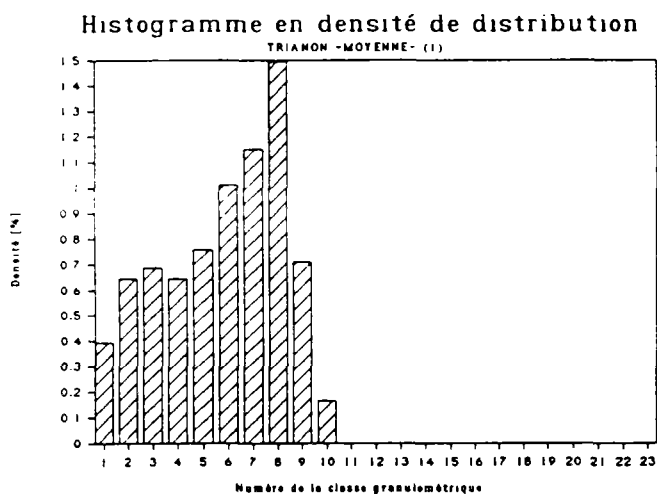
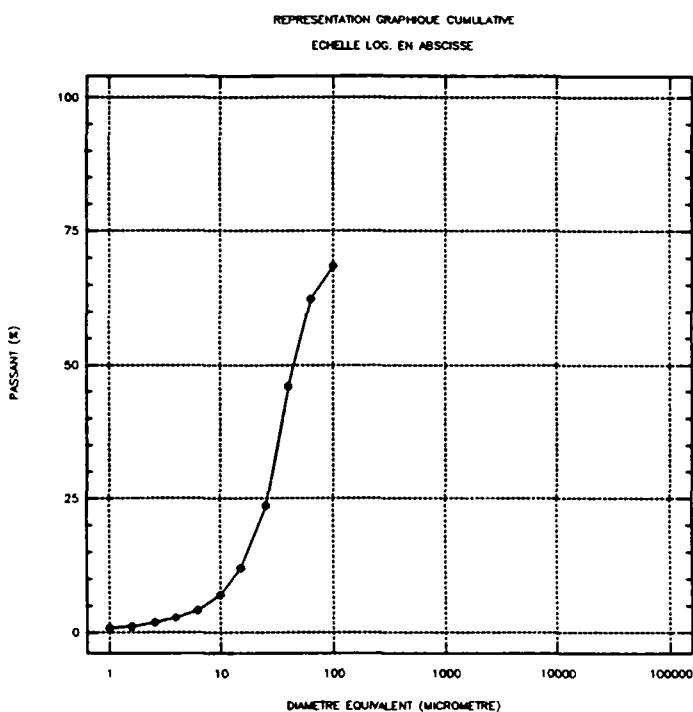
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,904	2,769	1,50667
1,60	2	2,599	3,673	2,59900
2,60	3	3,446	6,272	2,46179
4,00	4	3,785	9,718	1,64587
6,30	5	4,351	13,504	1,17581
10,00	6	4,464	17,854	0,89270
15,00	7	6,158	22,318	0,61585
25,00	8	10,170	28,476	0,67800
40,00	9	7,740	38,646	0,33654
63,00	10	5,085	46,386	0,13743
100,00	11	7,166	51,471	0,11943
160,00	12	4,910	58,638	0,05455
250,00	13	3,110	63,547	0,02073
400,00	14	4,768	66,657	0,02073
630,00	15	6,230	71,426	0,01684
1000,00	16	10,102	77,655	0,01684
1600,00	17	12,269	87,757	
2500,00	18			
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



TRIANON -MOYENNE- (1)

Moyen de mesure : TAMIS +CILAS(SANS ULTRASON)

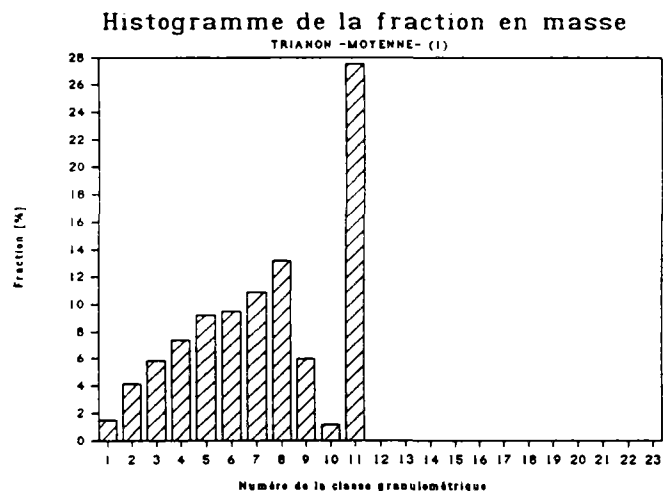
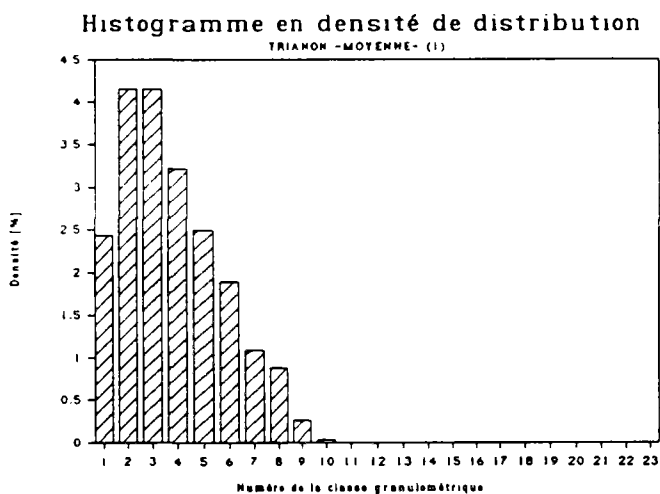
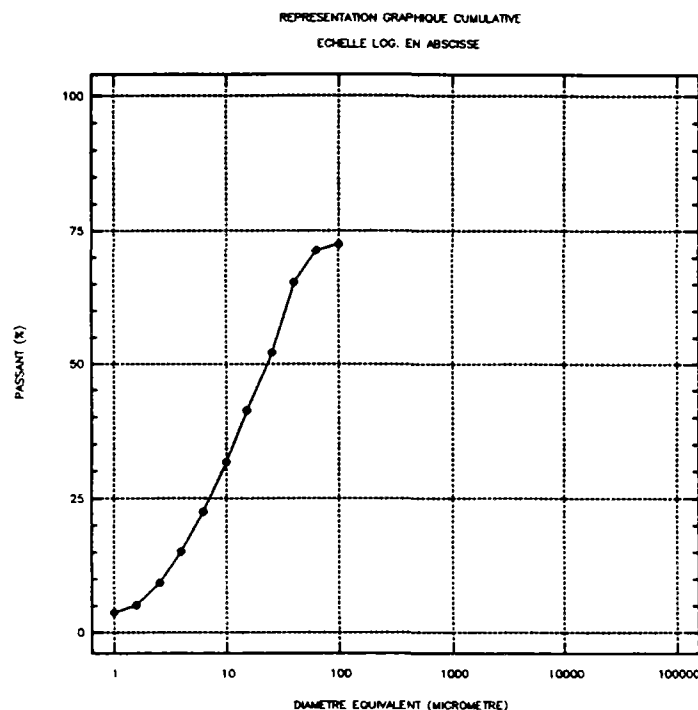
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,236	0,879	0,39333
1,60	2	0,643	1,115	0,64300
2,60	3	0,960	1,758	0,68571
4,00	4	1,479	2,718	0,64304
6,30	5	2,799	4,197	0,75649
10,00	6	5,056	6,996	1,01120
15,00	7	11,518	12,052	1,15180
25,00	8	22,393	23,570	1,49287
40,00	9	16,347	45,963	0,71074
63,00	10	6,123	62,310	0,16549
100,00	11	31,567	68,433	
160,00	12			
250,00	13			
400,00	14			
630,00	15			
1000,00	16			
1600,00	17			
2500,00	18			
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



TRIANON –MOYENNE– (1)

Moyen de mesure : TAMIS +CILAS(AVEC ULTRASON)

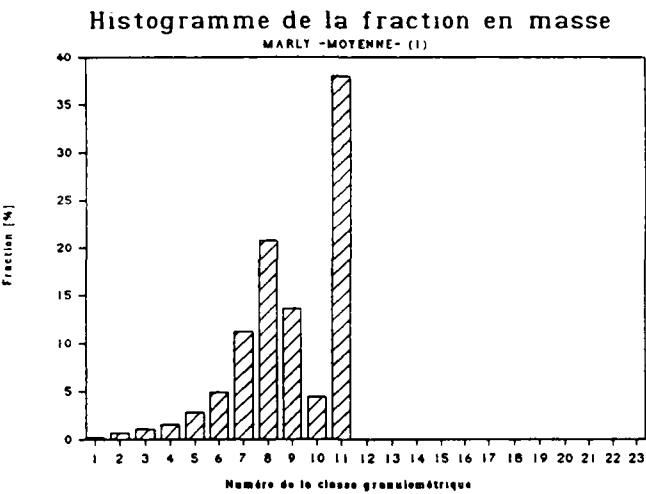
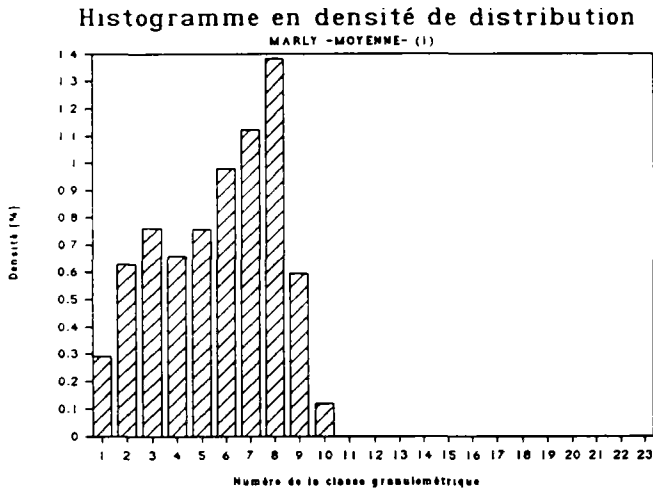
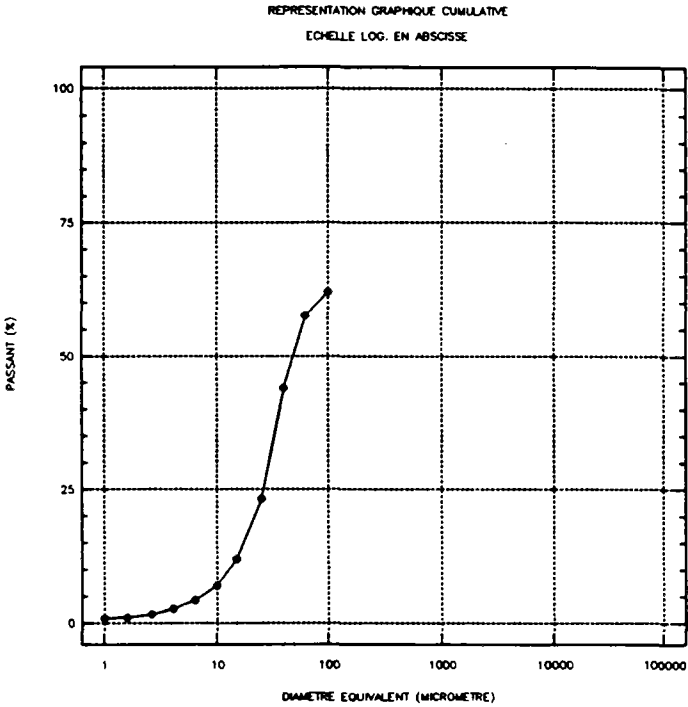
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	1,461	3,666	2,43500
1,60	2	4,151	5,127	4,15050
2,60	3	5,813	9,277	4,15232
4,00	4	7,410	15,091	3,22185
6,30	5	9,233	22,501	2,49547
10,00	6	9,486	31,734	1,89720
15,00	7	10,898	41,220	1,08980
25,00	8	13,181	52,118	0,87870
40,00	9	5,982	65,299	0,26009
63,00	10	1,188	71,281	0,03209
100,00	11	27,532	72,468	
160,00	12			
250,00	13			
400,00	14			
630,00	15			
1000,00	16			
1600,00	17			
2500,00	18			
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



MARLY –MOYENNE– (1)

Moyen de mesure : TAMIS +CILAS(SANS ULTRASON)

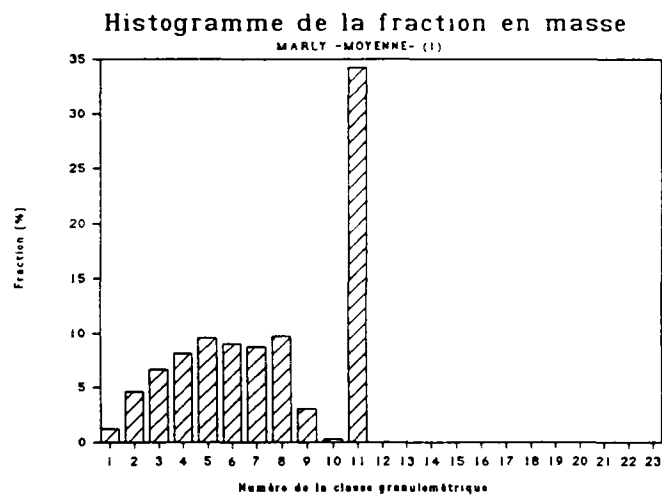
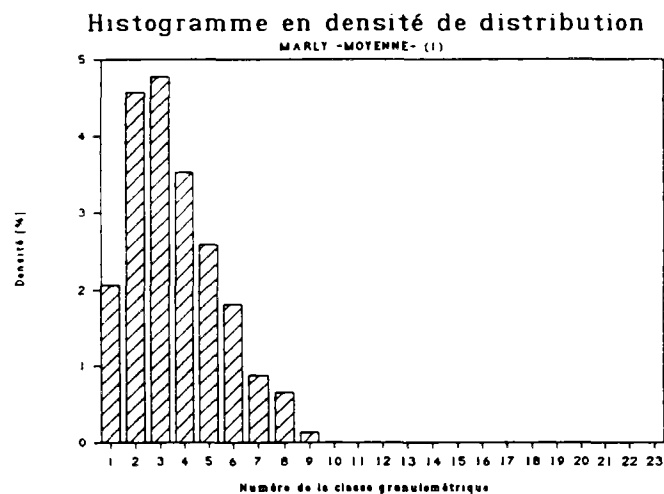
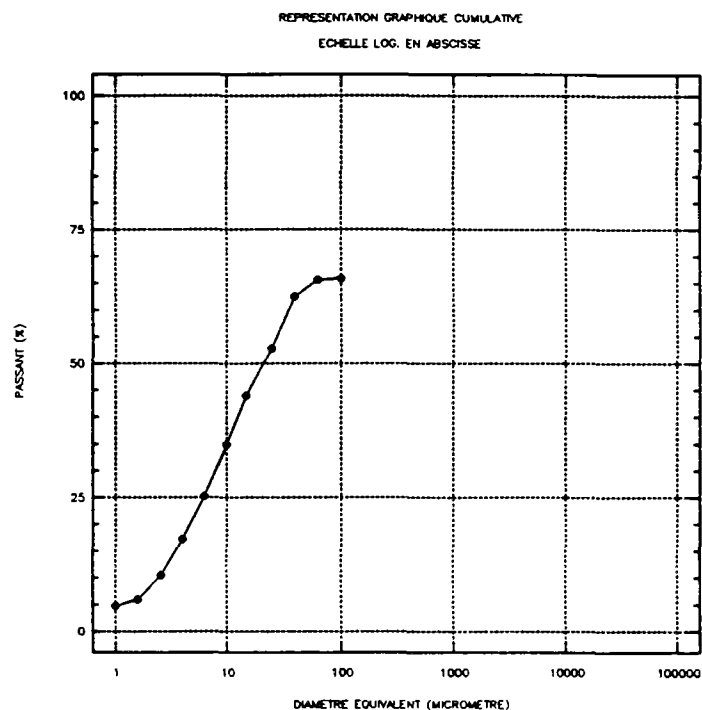
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	0,175	0,891	0,29167
1,60	2	0,628	1,066	0,62820
2,60	3	1,066	1,695	0,76114
4,00	4	1,513	2,760	0,65774
6,30	5	2,794	4,273	0,75508
10,00	6	4,903	7,067	0,98064
15,00	7	11,220	11,970	1,12200
25,00	8	20,740	23,190	1,38267
40,00	9	13,646	43,930	0,59330
63,00	10	4,424	57,576	0,11957
100,00	11	38,000	62,000	
160,00	12			
250,00	13			
400,00	14			
630,00	15			
1000,00	16			
1600,00	17			
2500,00	18			
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



MARLY -MOYENNE- (1)

Moyen de mesure : TAMIS +CILAS(AVEC ULTRASON)

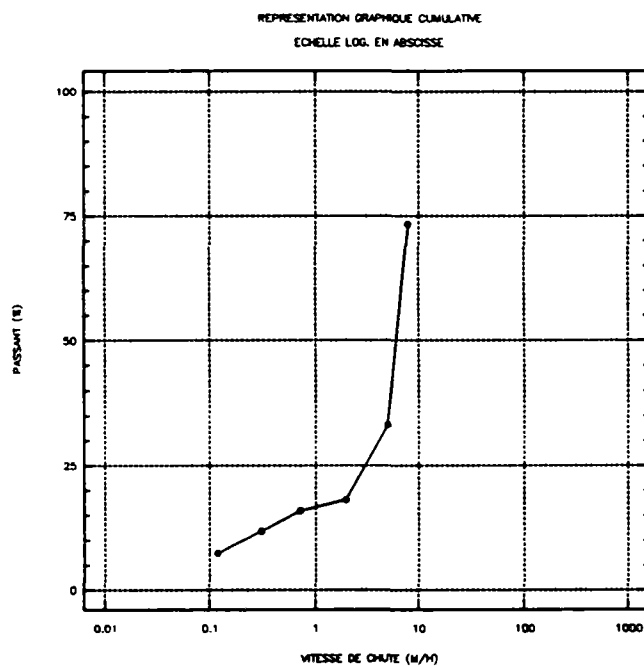
Diamètre équival. d_i [μm]	N° Classe d_i, d_{i+1}	Fraction en masse [%]	Passant en masse [%]	Densité de distrib. [%]
1,00	1	1,237	4,700	2,06167
1,60	2	4,574	5,937	4,57400
2,60	3	6,678	10,511	4,77000
4,00	4	8,117	17,189	3,52930
6,30	5	9,590	25,307	2,59178
10,00	6	9,079	34,896	1,81584
15,00	7	8,752	43,975	0,87522
25,00	8	9,759	52,728	0,65061
40,00	9	3,045	62,487	0,13240
63,00	10	0,252	65,532	0,00681
100,00	11	34,216	65,784	
160,00	12			
250,00	13			
400,00	14			
630,00	15			
1000,00	16			
1600,00	17			
2500,00	18			
4000,00	19			
6300,00	20			
10000,00	21			
14000,00	22			
25000,00	23			



ANNEXES C 2.2

Vitesses de chute des sources des Matières En Suspension des rejets pluviaux urbains

Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN

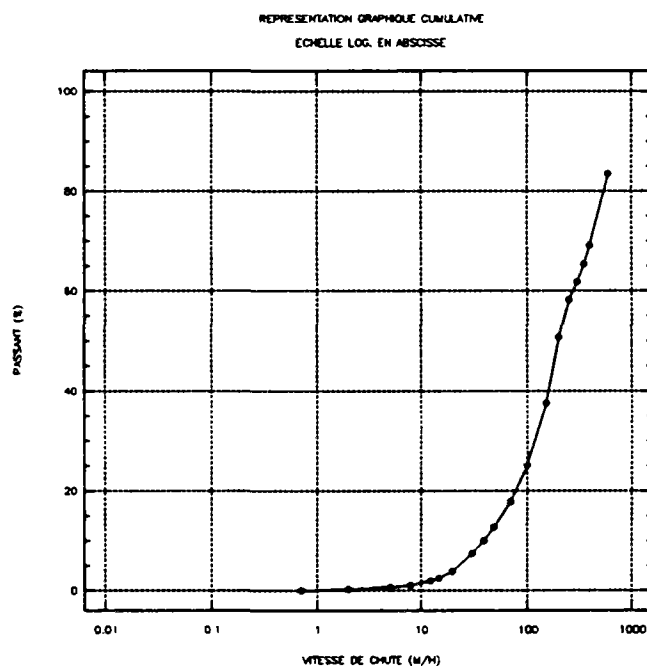
[illegible]

AVALOIRS – TOULOUSE

Classe granulométrique : $> 50 \mu\text{m}$

Appareil de mesure : COLONNE DE SEDIMENTATION

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,710	!	0,071	!	0,149
1,960	!	0,220	!	0,440
5,030	!	0,660	!	0,400
7,860	!	1,060	!	0,810
12,470	!	1,870	!	0,560
15,000	!	2,430	!	1,390
20,000	!	3,820	!	3,610
31,420	!	7,430	!	2,570
40,000	!	10,000	!	2,650
50,000	!	12,650	!	5,200
70,000	!	17,850	!	7,190
100,000	!	25,040	!	12,520
150,000	!	37,560	!	13,220
200,000	!	50,780	!	7,450
250,000	!	58,230	!	3,610
300,000	!	61,840	!	3,610
350,000	!	65,450	!	3,620
400,000	!	69,070	!	14,440
600,000	!	83,510	!	16,490

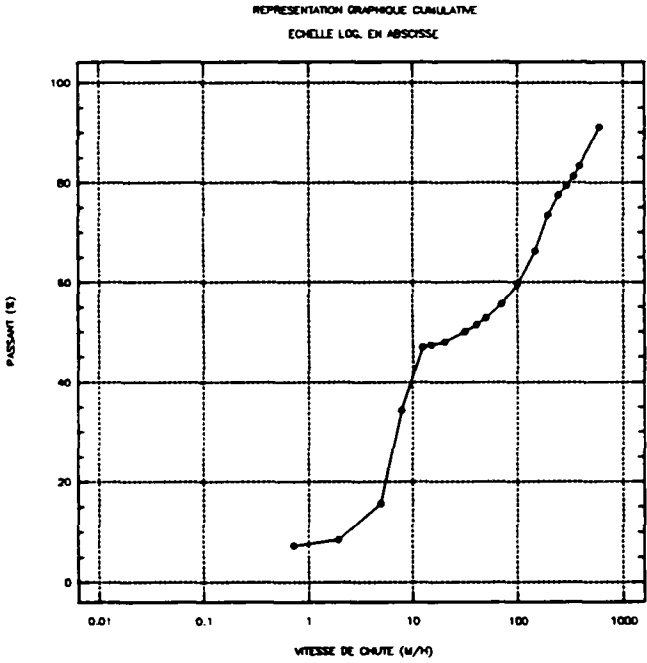


AVALOIRS – TOULOUSE

Classe granulométrique : ECHANTILLON MOYEN

Remarque importante : VALEURS RECONSTITUEES

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,710	!	7,340	!	1,070
1,960	!	8,410	!	7,180
5,030	!	15,590	!	18,750
7,860	!	34,340	!	12,670
12,470	!	47,010	!	0,300
15,000	!	47,310	!	0,750
20,000	!	48,060	!	1,950
31,420	!	50,010	!	1,390
40,000	!	51,400	!	1,430
50,000	!	52,830	!	2,810
70,000	!	55,640	!	3,880
100,000	!	59,520	!	6,760
150,000	!	66,280	!	7,140
200,000	!	73,420	!	4,020
250,000	!	77,440	!	1,950
300,000	!	79,390	!	1,950
350,000	!	81,340	!	1,960
400,000	!	83,300	!	7,800
600,000	!	91,100	!	8,900

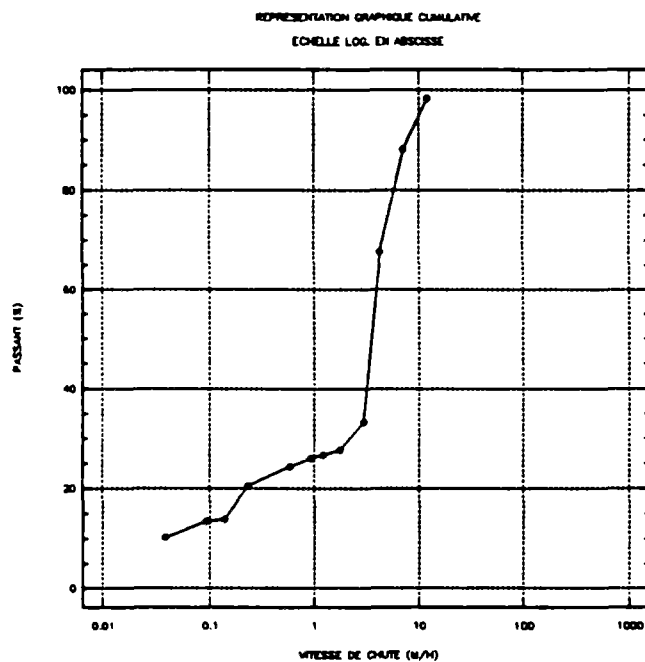


1 RUE ISOARD TOUT (300mm)

Classe granulométrique : < 50 μm

Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,0380	10,2300	3,2600
0,0920	13,4900	0,3600
0,1400	13,8500	6,6200
0,2400	20,4700	3,8500
0,6000	24,3200	1,6900
0,9300	26,0100	0,6000
1,2000	26,6100	1,0800
1,7200	27,6900	5,6600
2,9000	33,3500	34,3200
4,1600	67,6700	20,3500
7,1100	88,0200	10,2300
12,1500	98,2500	1,7500

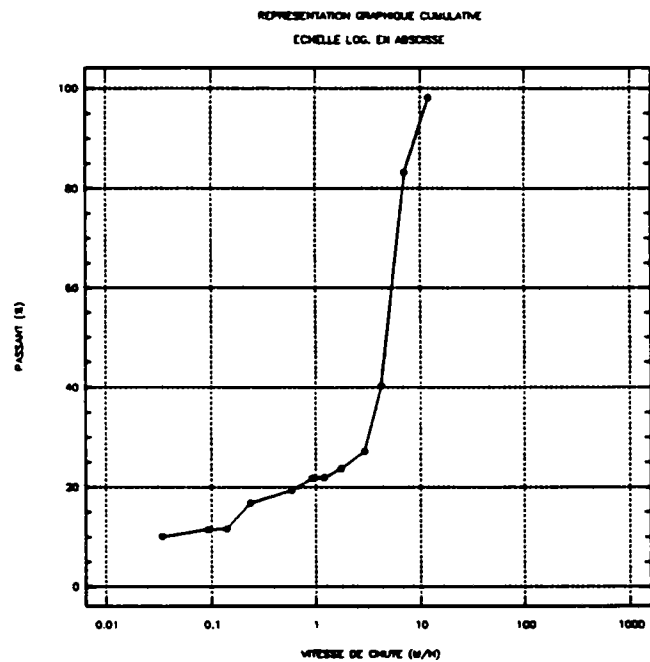


RUE CONSOLAT TOUT (500mm)

Classe granulométrique : < 50 µm

Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,0340	10,1000	1,4200
0,0920	11,5200	0,1200
0,1400	11,6400	5,1100
0,2400	16,7500	2,6100
0,6000	19,3600	2,3700
0,9300	21,7300	0,1200
1,2000	21,8500	1,9000
1,7200	23,7500	3,4500
2,9000	27,2000	13,1800
4,1600	40,3800	42,7600
7,1100	83,1400	15,0800
12,1500	98,2200	1,7800

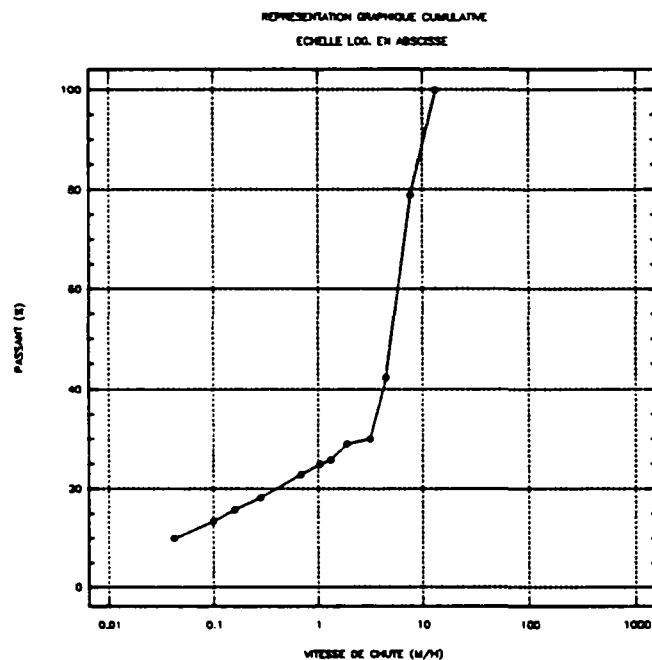


RUE CONSOLAT TOUT (500mm) (dilué)

Classe granulométrique : $< 50 \mu\text{m}$

Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,0434	9,9900	3,4900
0,1000	13,4800	2,3300
0,1600	15,8100	2,3300
0,2800	18,1400	4,6600
0,6800	22,8000	2,0000
1,0400	24,8000	1,0000
1,3400	25,8000	3,1800
1,9000	28,9800	0,9800
3,2000	29,9600	12,3200
4,5900	42,2800	36,6200
7,8200	78,9000	20,9800
13,3300	99,8800	0,1200

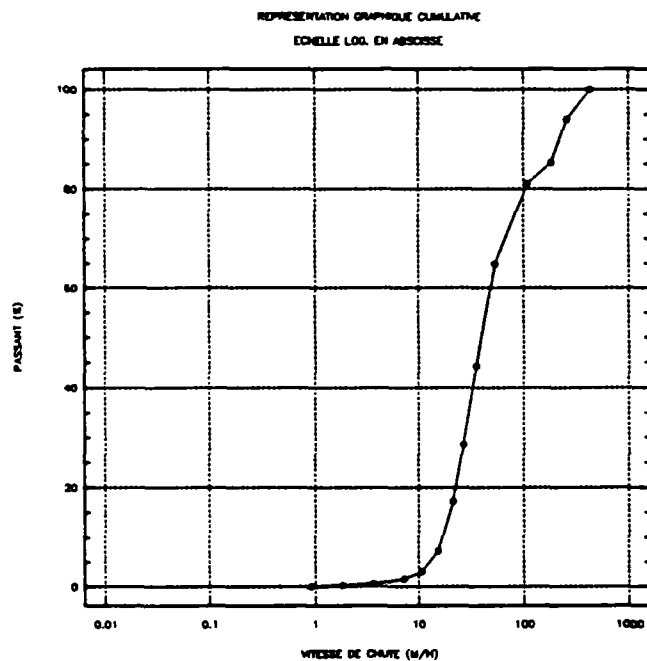


RUE CONSOLAT (TOUT)

Classe granulométrique : $> 50 \mu\text{m}$

Appareil de mesure : COLONNE DE SEDIMENTATION

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,9050	0,0000	0,2200
1,8100	0,2200	0,4000
3,6200	0,6200	0,9100
7,2400	1,5300	1,5600
10,8600	3,0900	4,1900
15,5100	7,2800	9,9200
21,7200	17,2000	11,4000
27,1500	28,6000	15,7000
36,2000	44,3000	20,6200
54,3000	64,9200	16,0800
108,6000	81,0000	4,2000
186,1700	85,2000	8,8100
260,6400	94,0100	5,9900
442,0000	100,0000	0,0000

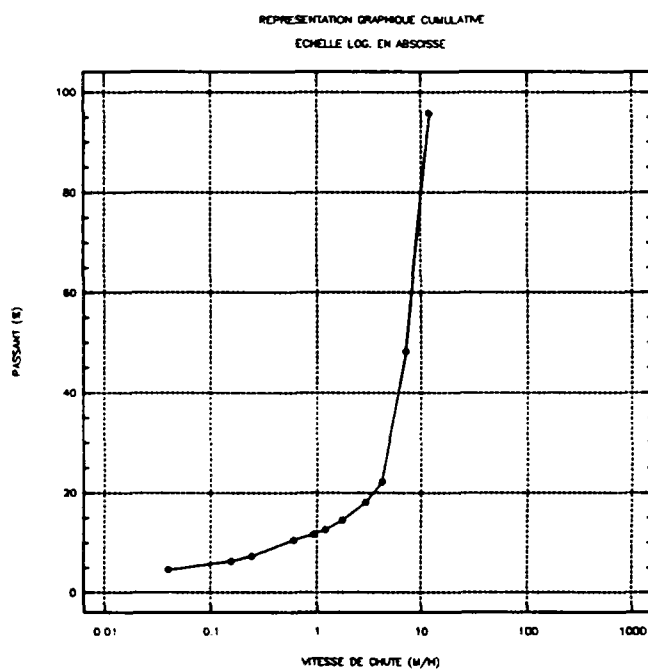


COLL. 13 -POINT NO 3-(CAROTTE CONGELEE)

Classe granulométrique : < 50 μ m

Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,0390	4,6400	1,6100
0,1600	6,2500	1,0700
0,2500	7,3200	3,2200
0,6100	10,5400	1,1000
0,9400	11,6400	0,8600
1,2000	12,5000	1,9600
1,7200	14,4600	3,5800
2,9000	18,0400	4,1000
4,1600	22,1400	26,0700
7,1200	48,2100	47,5000
12,1600	95,7100	4,2900

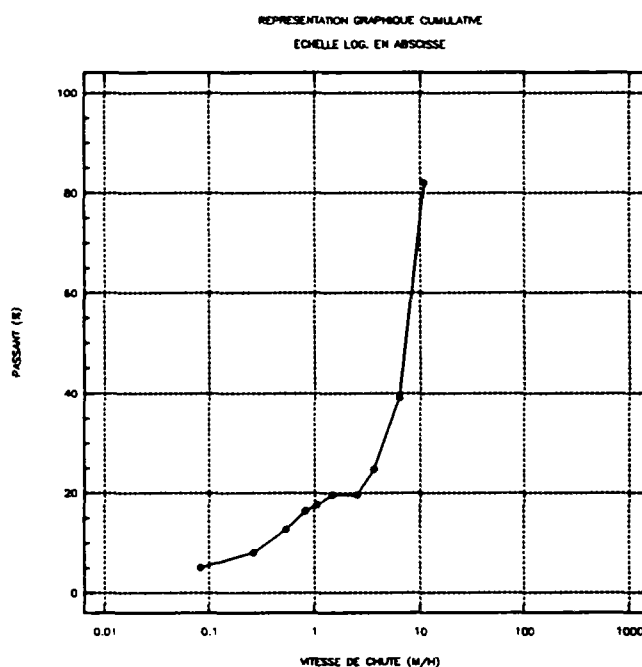


COLL. 13-POINT NO 10-(CAROTTE CONGELEE)

Classe granulométrique : < 50 μ m

Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,0830	5,1000	2,9800
0,2600	8,0800	4,5800
0,5300	12,6600	3,7200
0,8200	16,3800	1,1200
1,0600	17,5000	2,1500
1,5200	19,6500	0,0000
2,5800	19,6500	5,0200
3,7200	24,6700	14,4100
6,3700	39,0800	43,0200
10,9100	82,1000	17,9000

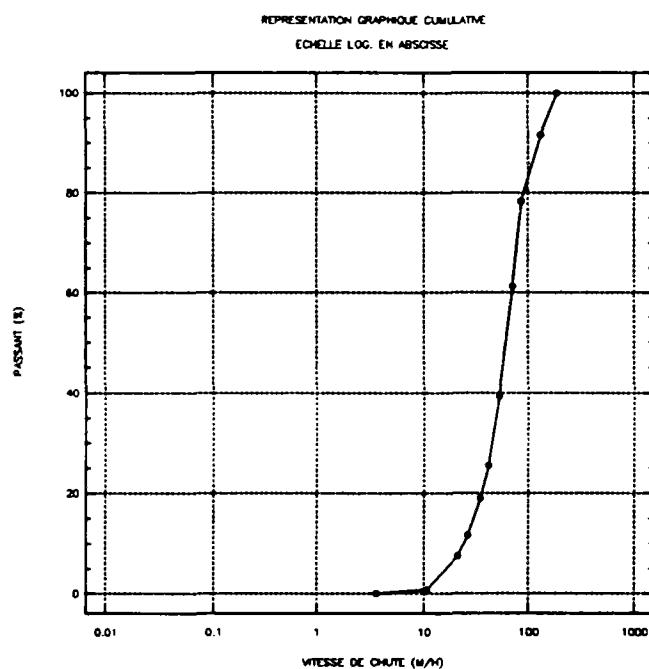


pt 03 – 16/05/88

Classe granulométrique : 50 – 160 μ m

Appareil de mesure : colonne de sédimentation

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
3,6000	0,0000	0,8000
10,7900	0,8000	6,7000
21,5900	7,5000	4,2000
26,9900	11,7000	7,3000
35,9800	19,0000	6,5000
43,1800	25,5000	13,8000
53,9700	39,3000	22,0000
71,9600	61,3000	17,1000
86,3500	78,4000	13,1000
129,5300	91,5000	8,5000
185,2400	100,0000	

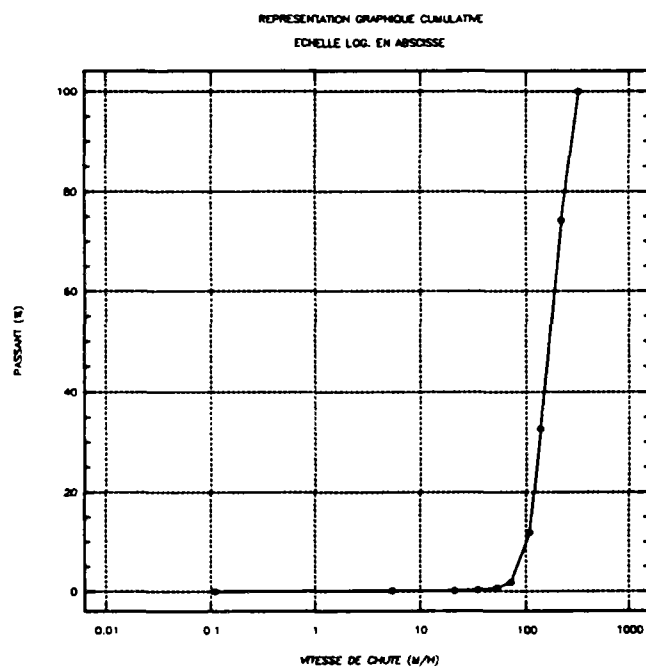


pt 03 – 16/05/88

Classe granulométrique : 160 – 400 μm

Appareil de mesure : colonne de sédimentation

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,1100	0,0000	0,1000
5,4300	0,1000	0,1000
21,7200	0,2000	0,1000
36,2000	0,3000	0,4000
54,3000	0,7000	1,1000
72,4000	1,8000	10,1000
108,6000	11,9000	20,7000
135,7500	32,6000	41,7000
217,2000	74,3000	25,7000
316,8500	100,0000	

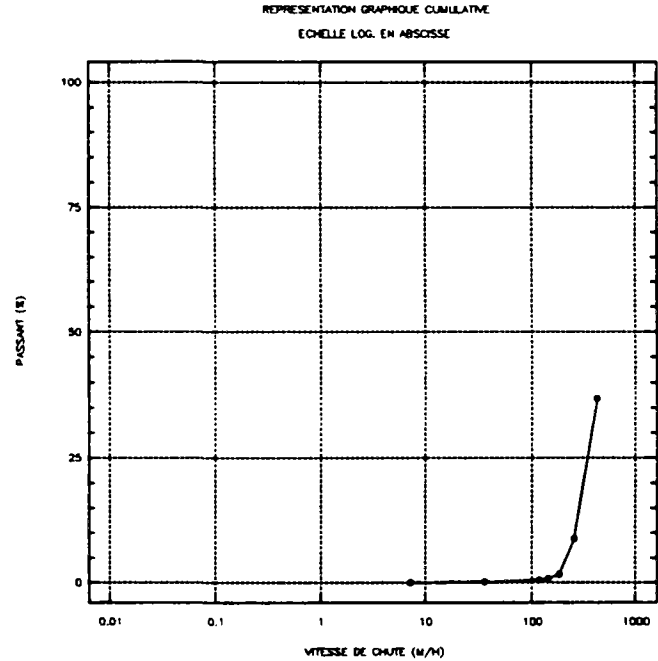


pt 03 – 16/05/88

Classe granulométrique : 400 – 1600 μm

Appareil de mesure : colonne de sédimentation

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
7,2200	0,0000	0,0800
36,0800	0,0800	0,4200
118,0800	0,5000	0,3200
144,3200	0,8200	0,8400
185,5500	1,6600	7,2100
259,7800	8,8700	27,9300
432,9600	36,8000	63,2000

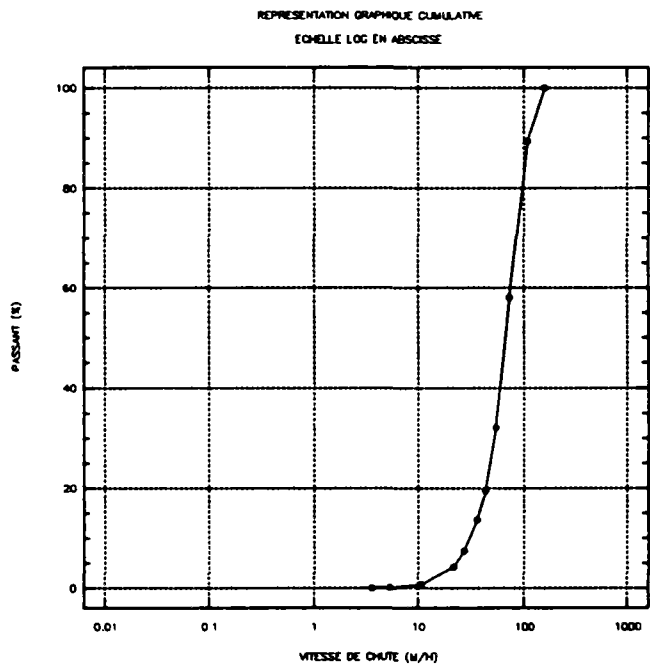


pt 03 – 15/09/88

Classe granulométrique : 50 – 160 μm

Appareil de mesure : colonne de sédimentation

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
3,6100	0,0000	0,1000
5,4100	0,1000	0,5000
10,8200	0,6000	3,6000
21,6500	4,2000	3,2000
27,0600	7,4000	6,3000
36,0800	13,7000	5,8000
43,3000	19,5000	12,7000
54,1200	32,2000	25,9000
72,1600	58,1000	31,2000
108,2400	89,3000	10,7000
158,6900	100,0000	

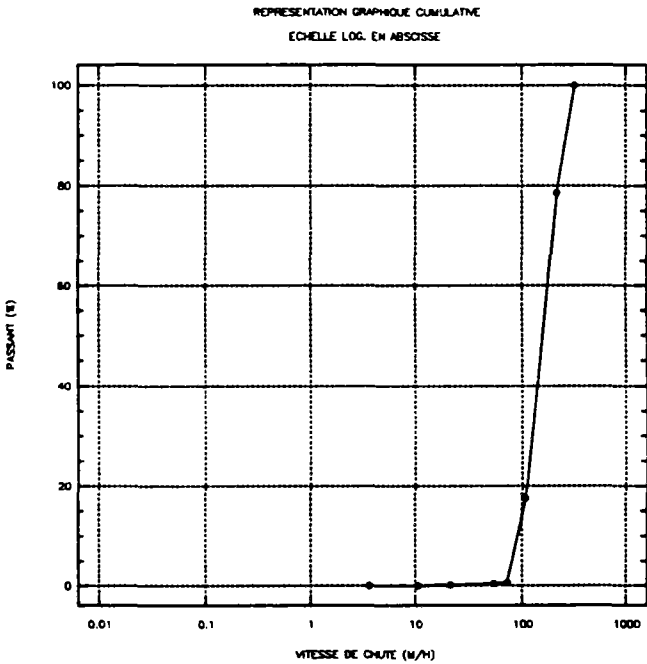


pt 03 – 15/09/88

Classe granulométrique : 160 – 400 μm

Appareil de mesure : colonne de sédimentation

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
3,6000	0,0000	0,0500
10,8000	0,0500	0,0600
21,6000	0,1100	0,3200
54,0000	0,4300	0,2300
72,0000	0,6600	16,9300
108,0000	17,5900	61,0300
216,0000	78,6200	21,3800
320,2700	100,0000	

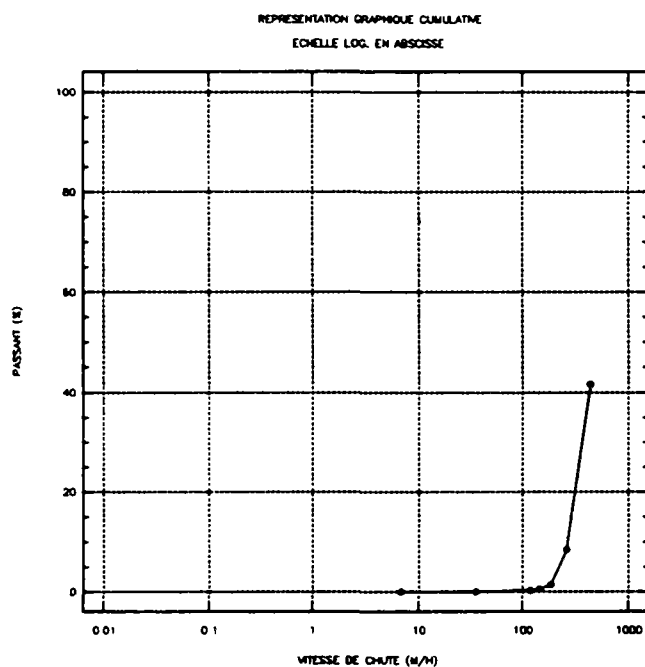


pt 03 – 15/09/88

Classe granulométrique : 400 – 1600 μm

Appareil de mesure : colonne de sédimentation

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
6,7600	0,0000	0,0310
36,0600	0,0400	0,2200
118,0100	0,2600	0,2700
144,2400	0,5300	0,8500
185,4500	1,3800	7,0800
259,6300	8,4600	33,2000
432,7200	41,6600	58,3400

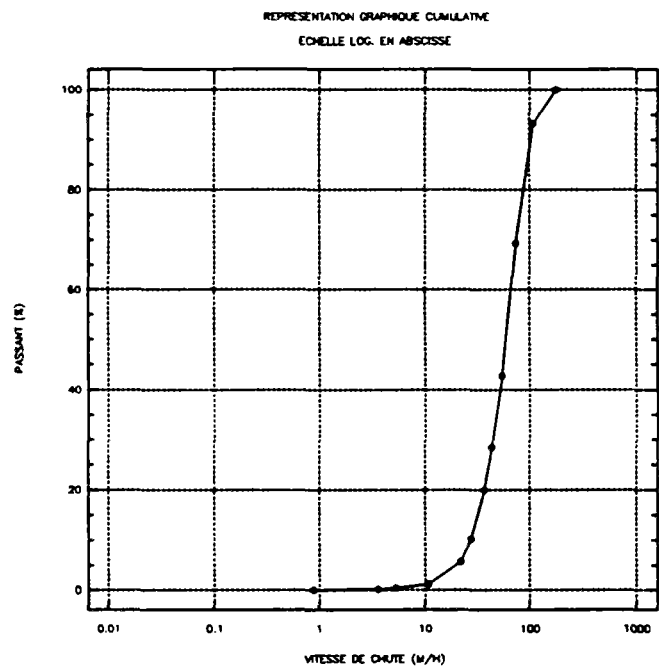


pt 03 – 28/09/88

Classe granulométrique : 50 – 160 μm

Appareil de mesure : colonne de sédimentation

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,8800	0,0000	0,2000
3,6300	0,2000	0,1600
5,4400	0,3600	0,8600
10,8800	1,2200	4,5700
21,7600	5,7900	4,5000
27,2000	10,2900	9,6600
36,2600	19,9500	8,4300
43,5100	28,3800	14,3800
54,3900	42,7600	26,6400
72,5200	69,4000	23,7300
108,7800	93,1300	6,8700
177,6000	100,0000	

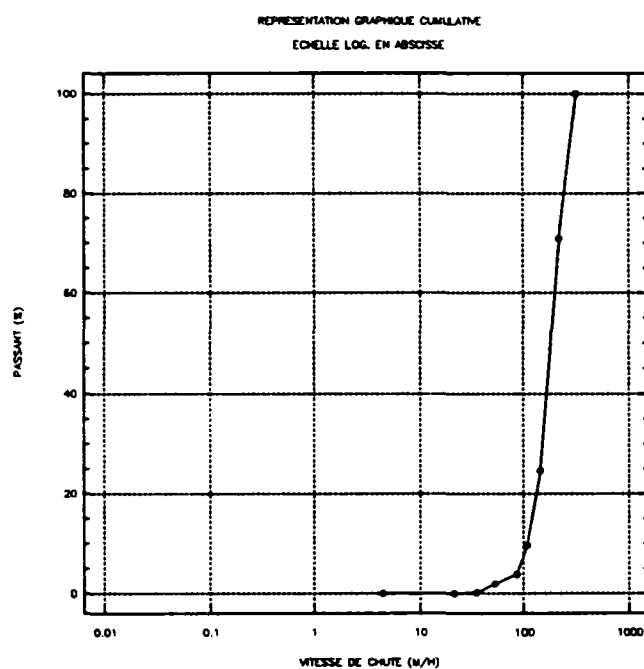


pt 03 – 28/09/88

Classe granulométrique : 160 – 400 μm

Appareil de mesure : colonne de sédimentation

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
4,3400	0,0000	0,0480
21,7200	0,0480	0,0820
36,2000	0,1300	1,7500
54,3000	1,8800	2,0100
86,8800	3,8900	5,7100
108,6000	9,6000	14,9800
144,8000	24,5800	46,3400
217,2000	70,9200	29,0800
311,8600	100,0000	

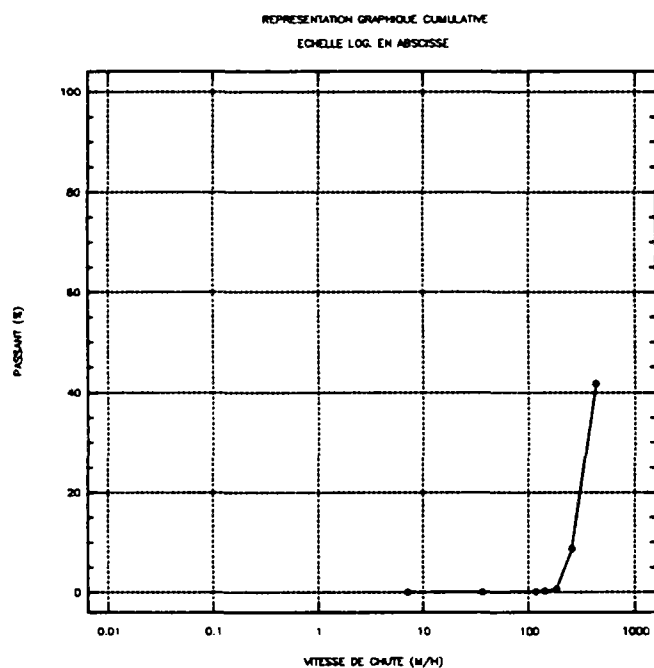


pt 03 – 28/09/88

Classe granulométrique : 400 – 1600

Appareil de mesure : colonne de sédimentation

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
7,2200	0,0000	0,0280
36,1000	0,0280	0,0820
118,1500	0,1100	0,1100
144,4000	0,2200	0,4300
185,6600	0,6500	8,0200
259,9200	8,6700	33,0100
433,2000	41,6800	58,3200

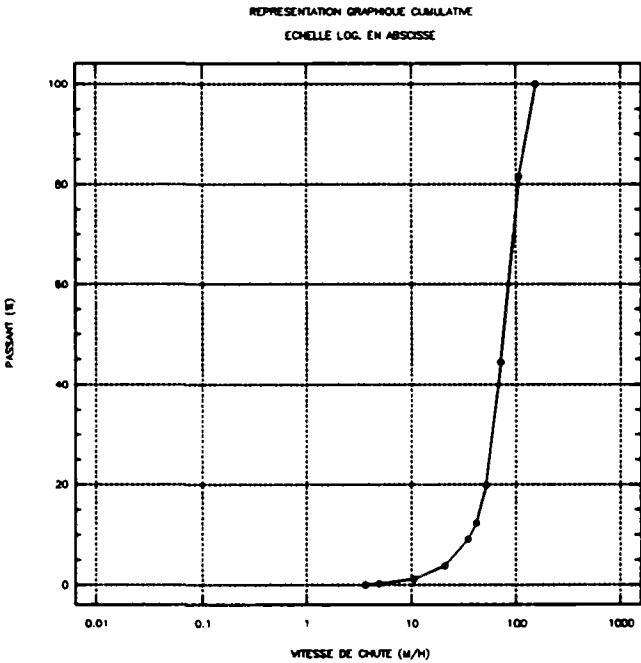


pt 10 – 16/05/88

Classe granulométrique : 50 – 160 µm

Appareil de mesure : colonne de sédimentation

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
3,5800	0,0000	0,2300
4,8800	0,2300	0,9300
10,7300	1,1600	2,6300
21,4700	3,7900	5,3300
35,7800	9,1200	3,1700
42,9400	12,2900	7,5800
53,6700	19,8700	24,5500
71,5600	44,4200	37,0600
107,3400	81,4800	18,5200
152,3700	100,0000	

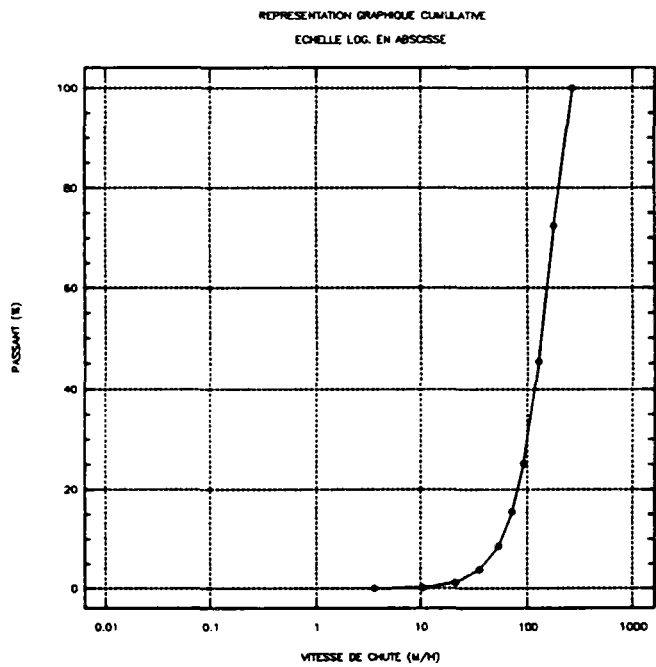


pt 10 – 16/05/88

Classe granulométrique : 160 – 400 μm

Appareil de mesure : colonne de sédimentation

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
3,5700	0,0000	0,1500
10,7200	0,1500	1,0400
21,4300	1,1900	2,6800
35,7200	3,8700	4,7300
53,5800	8,6000	6,8600
71,4400	15,4600	9,6600
91,8500	25,1200	20,3400
128,5900	45,4600	27,0000
183,7000	72,4600	27,5400
274,5800	100,0000	

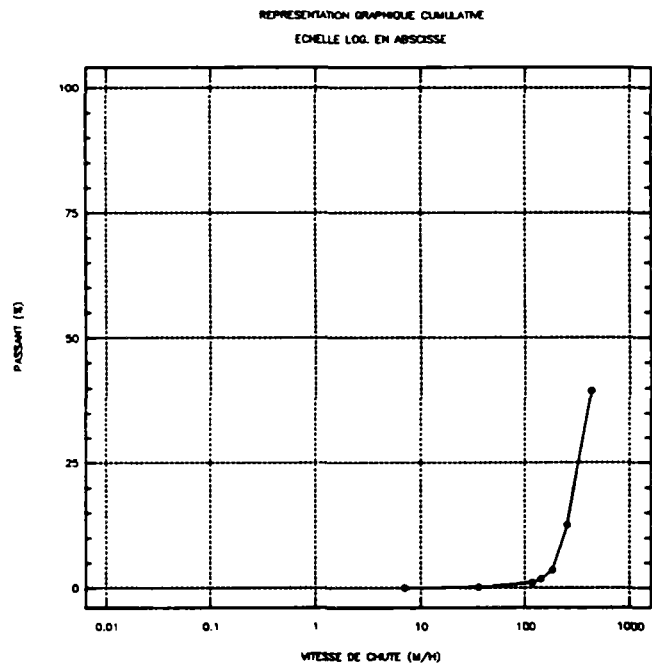


pt 100 – 16/05/88

Classe granulométrique : 400 – 1600 μm

Appareil de mesure : colonne de sédimentation

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
7,1800	0,0000	0,1300
35,9200	0,1300	0,9600
117,5600	1,0900	0,7200
143,6800	1,8100	1,7400
184,7300	3,5500	9,0100
258,6200	12,5600	26,9100
431,0400	39,4700	60,5300

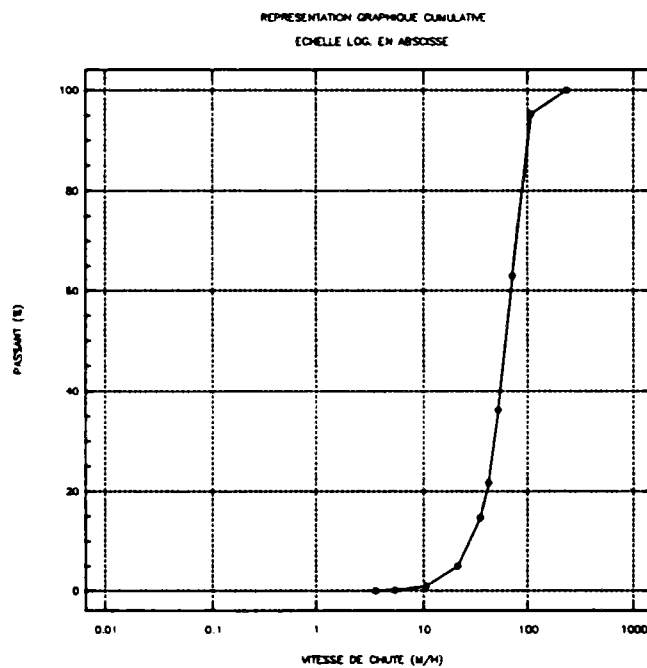


pt 10 – 15/09/88

Classe granulométrique : 50 – 160 μm

Appareil de mesure : colonne de sédimentation

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
3,5800	0,0000	0,1900
5,3700	0,1900	0,7400
10,7300	0,9300	4,0200
21,4700	4,9500	9,8000
35,7800	14,7500	6,8900
42,9400	21,6400	14,5500
53,6700	36,1900	26,7800
71,5600	62,9700	32,3000
107,3400	95,2700	4,7300
232,3400	100,0000	

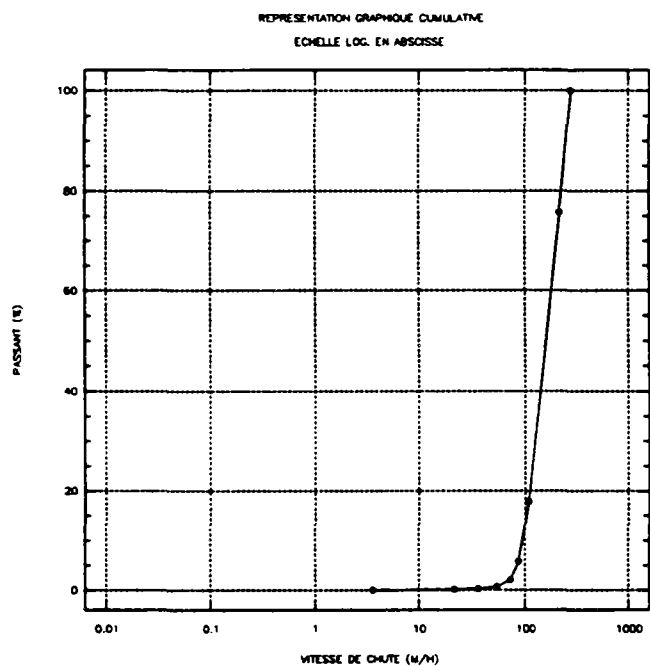


pt 10 – 15/09/88

Classe granulométrique : 160 – 400 μm

Appareil de mesure : colonne de sédimentation

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
3,6100	0,0000	0,0900
21,6400	0,0900	0,1200
36,0600	0,2100	0,3800
54,0900	0,5900	1,5000
72,1200	2,0900	3,6900
86,5400	5,7800	12,0600
108,1800	17,8400	57,9700
216,3600	75,8100	24,1900
275,0500	100,0000	

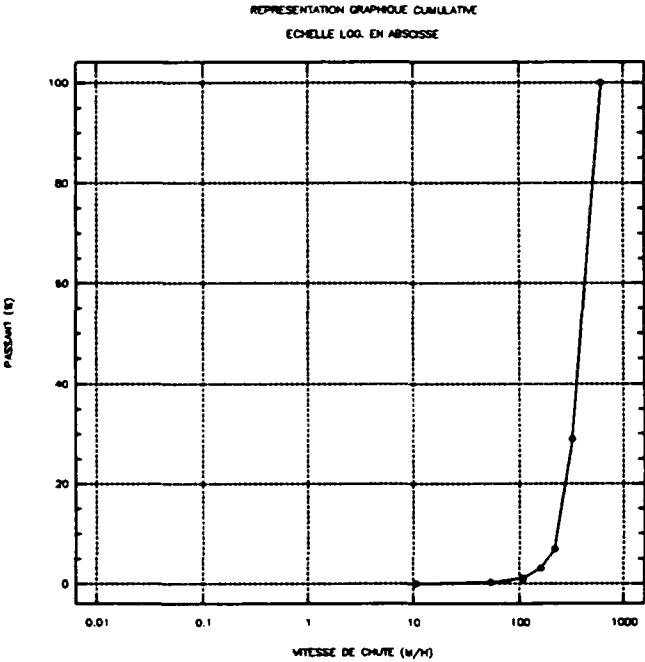


pt 10 – 15/09/88

Classe granulométrique : 400 – 1600 μm

Appareil de mesure : colonne de sédimentation

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
10,8100	0,0000	0,2200
54,0600	0,2200	0,8100
108,1200	1,0300	1,9900
162,1800	3,0200	3,8600
216,2400	6,8800	22,0800
324,3600	28,9600	71,0400
609,2600	100,0000	

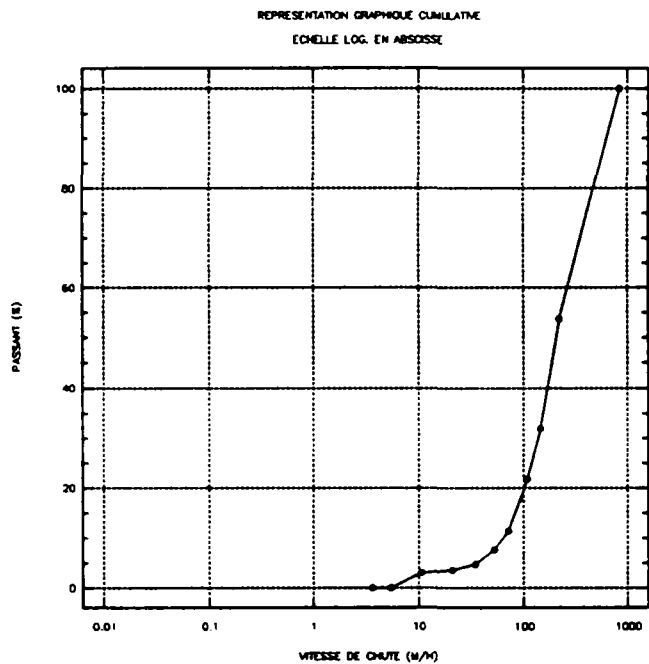


pt 10 – 28/09/88

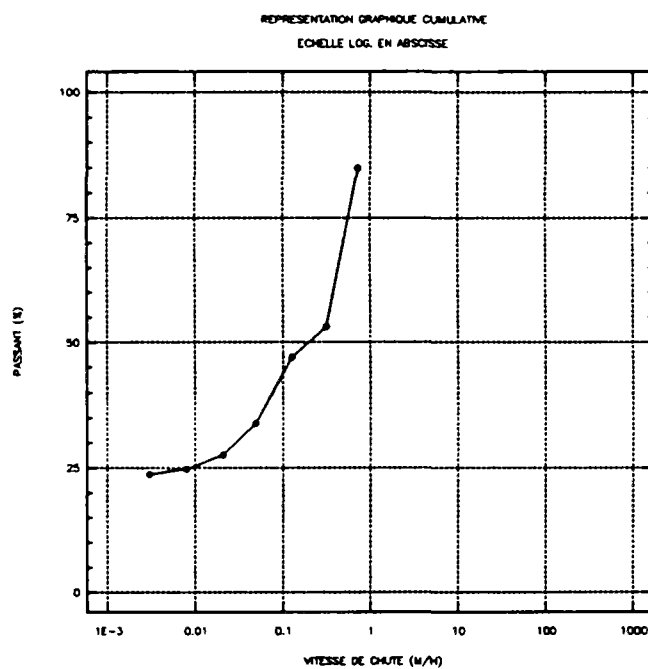
Classe granulométrique : $>50\ \mu\text{m}$

Appareil de mesure : colonne de sédimentation

Vitesse de chute V_i [m/h]	Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]	Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
3,6100	0,0000	0,0700
5,4100	0,0700	2,9500
10,8200	3,0200	0,5500
21,6400	3,5700	1,2100
36,0600	4,7800	2,8700
54,0900	7,6500	3,7100
72,1200	11,3600	10,4600
108,1800	21,8200	10,1100
144,2400	31,9300	21,8300
216,3600	53,7600	46,2400
837,2200	100,0000	



Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN

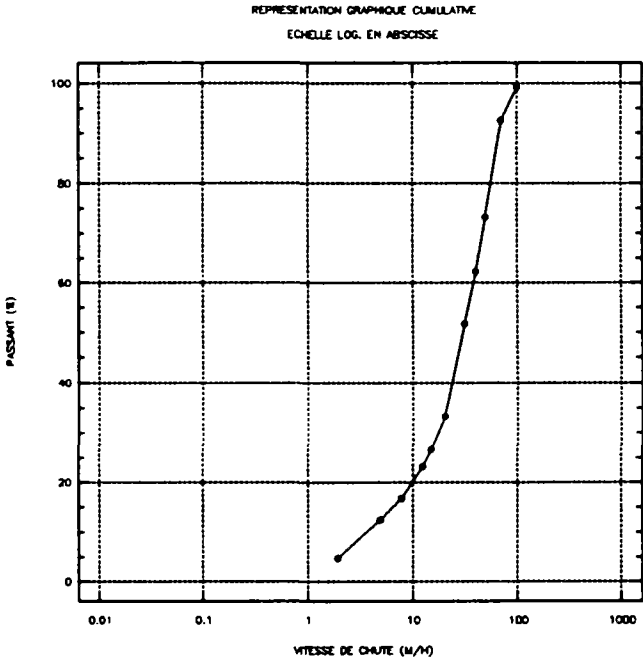
[illegible]

COLLECTEUR 13 – TEMPS SEC (18/02/1990)

Classe granulométrique : > 50 µm

Appareil de mesure : COLONNE DE SEDIMENTATION

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
1,960	!	4,800	!	7,620
5,030	!	12,420	!	4,410
7,860	!	16,830	!	6,390
12,470	!	23,220	!	3,390
15,000	!	26,610	!	6,700
20,000	!	33,310	!	18,350
31,420	!	51,660	!	10,680
40,000	!	62,340	!	10,880
50,000	!	73,220	!	19,320
70,000	!	92,540	!	6,670
100,000	!	99,210	!	0,790
	!		!	
	!		!	
	!		!	
	!		!	
	!		!	
	!		!	
	!		!	

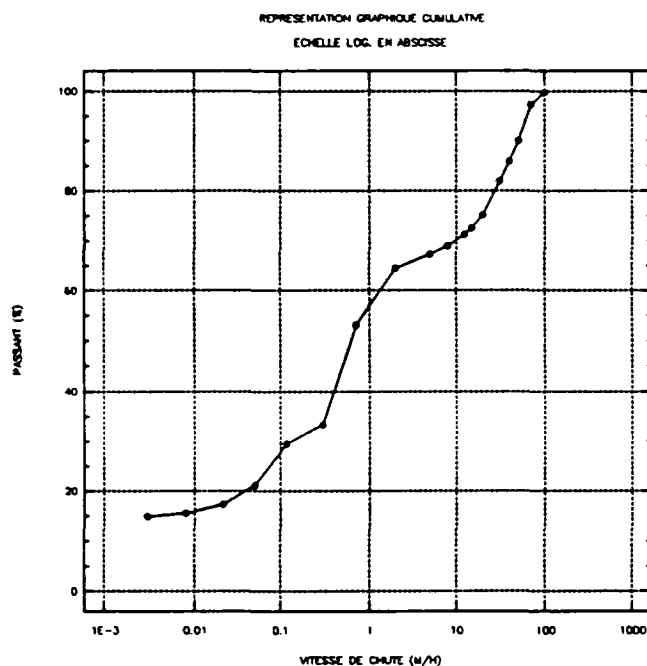


COLLECTEUR 13 – TEMPS SEC (18/02/1990)

Classe granulométrique : ECHANTILLON MOYEN

Remarque importante : VALEURS RECONSTITUEES

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,003	!	14,870	!	0,650
0,008	!	15,520	!	1,760
0,021	!	17,280	!	3,880
0,050	!	21,160	!	8,280
0,120	!	29,440	!	3,830
0,310	!	33,270	!	19,900
0,710	!	53,170	!	11,290
1,960	!	64,460	!	2,850
5,030	!	67,310	!	1,640
7,860	!	68,950	!	2,390
12,470	!	71,340	!	1,260
15,000	!	72,600	!	2,500
20,000	!	75,100	!	6,850
31,420	!	81,950	!	3,990
40,000	!	85,940	!	4,060
50,000	!	90,000	!	7,220
70,000	!	97,220	!	2,490
100,000	!	99,710	!	0,290
	!		!	

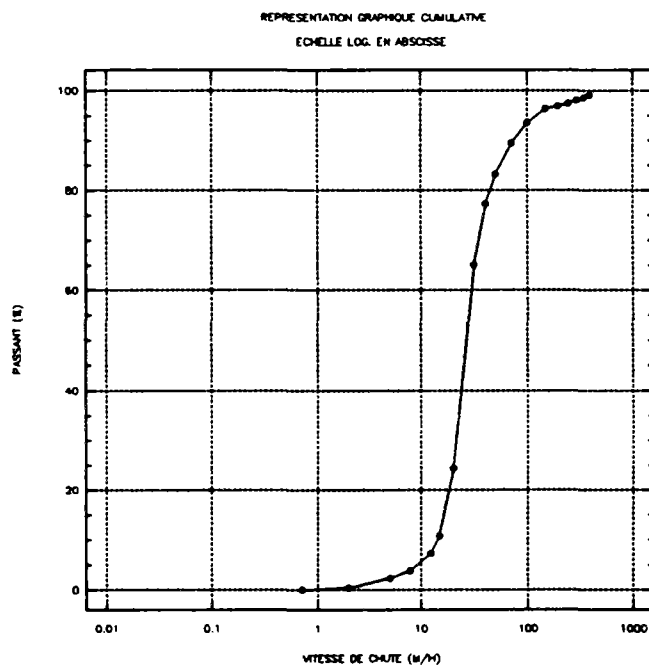


COLLECTEUR 13 – TEMPS SEC (06/06/1990)

Classe granulométrique : $> 50 \mu\text{m}$

Appareil de mesure : COLONNE DE SEDIMENTATION

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,710	!	0,019	!	0,431
1,960	!	0,450	!	1,860
5,030	!	2,310	!	1,570
7,860	!	3,880	!	3,380
12,470	!	7,260	!	3,510
15,000	!	10,770	!	13,500
20,000	!	24,270	!	40,830
31,420	!	65,100	!	12,190
40,000	!	77,290	!	5,930
50,000	!	83,220	!	6,260
70,000	!	89,480	!	4,070
100,000	!	93,550	!	2,820
150,000	!	96,370	!	0,540
200,000	!	96,910	!	0,550
250,000	!	97,460	!	0,540
300,000	!	98,000	!	0,550
350,000	!	98,550	!	0,480
400,000	!	99,030	!	0,970

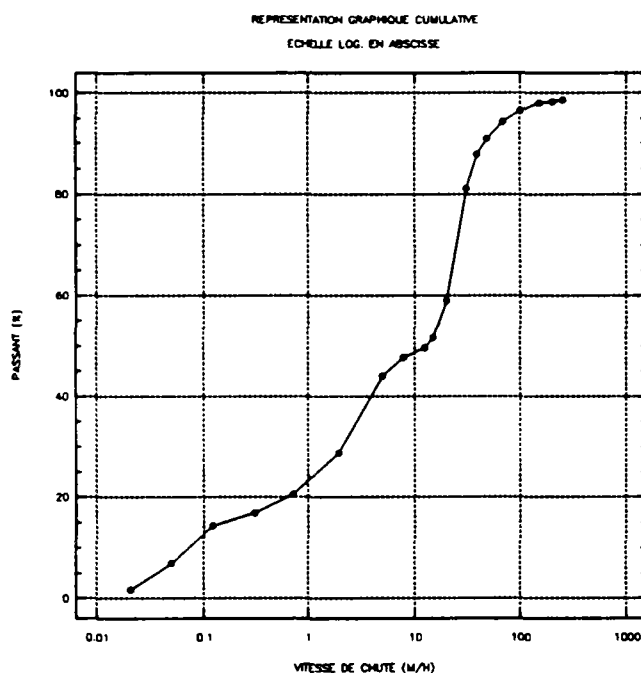


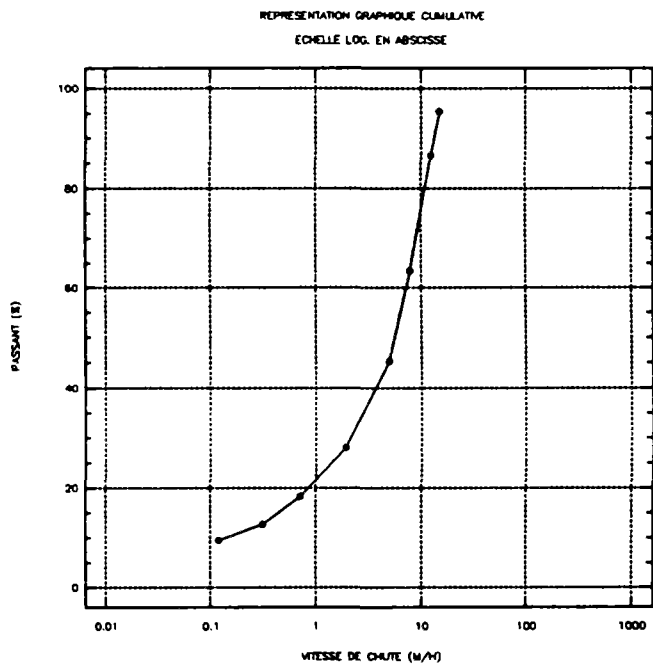
COLLECTEUR 13 - TEMPS SEC (06/06/1990)

Classe granulométrique : ECHANTILLON MOYEN

Remarque importante : VALEURS RECONSTITUEES

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,021	!	1,740	!	5,200
0,050	!	6,940	!	7,350
0,120	!	14,290	!	2,550
0,310	!	16,840	!	3,630
0,710	!	20,470	!	8,230
1,960	!	28,700	!	15,280
5,030	!	43,980	!	3,670
7,860	!	47,650	!	1,960
12,470	!	49,610	!	1,970
15,000	!	51,580	!	7,430
20,000	!	59,010	!	22,130
31,420	!	81,140	!	6,590
40,000	!	87,730	!	3,200
50,000	!	90,930	!	3,380
70,000	!	94,310	!	2,200
100,000	!	96,510	!	1,530
150,000	!	98,040	!	0,290
200,000	!	98,330	!	0,300
250,000	!	98,630	!	1,370



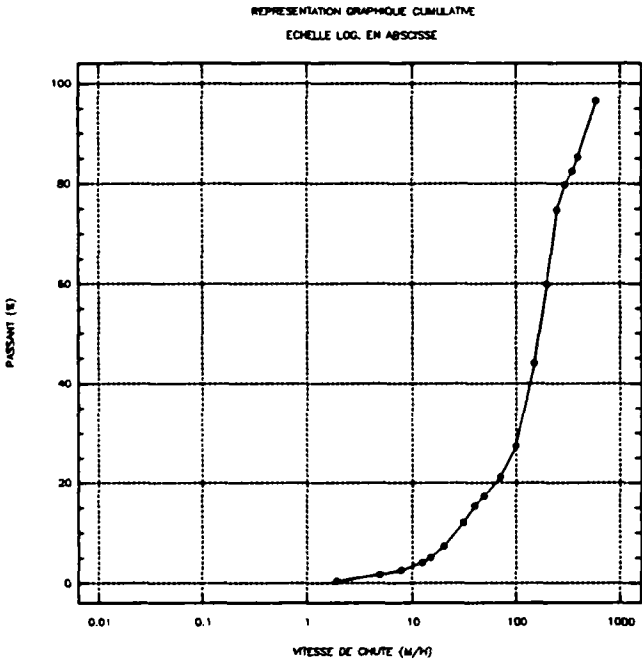
Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN[illegible]

MARLY - 16/08/1989

Classe granulométrique : >100 µm

Appareil de mesure : COLONNE DE SEDIMENTATION

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
1,960	!	0,440	!	1,210
5,030	!	1,650	!	0,900
7,860	!	2,550	!	1,510
12,470	!	4,060	!	1,050
15,000	!	5,110	!	2,160
20,000	!	7,270	!	4,820
31,420	!	12,090	!	3,230
40,000	!	15,320	!	1,990
50,000	!	17,310	!	3,810
70,000	!	21,120	!	6,320
100,000	!	27,440	!	16,650
150,000	!	44,090	!	15,800
200,000	!	59,890	!	14,820
250,000	!	74,710	!	4,980
300,000	!	79,690	!	2,790
350,000	!	82,480	!	2,800
400,000	!	85,280	!	11,180
600,000	!	96,460	!	3,540

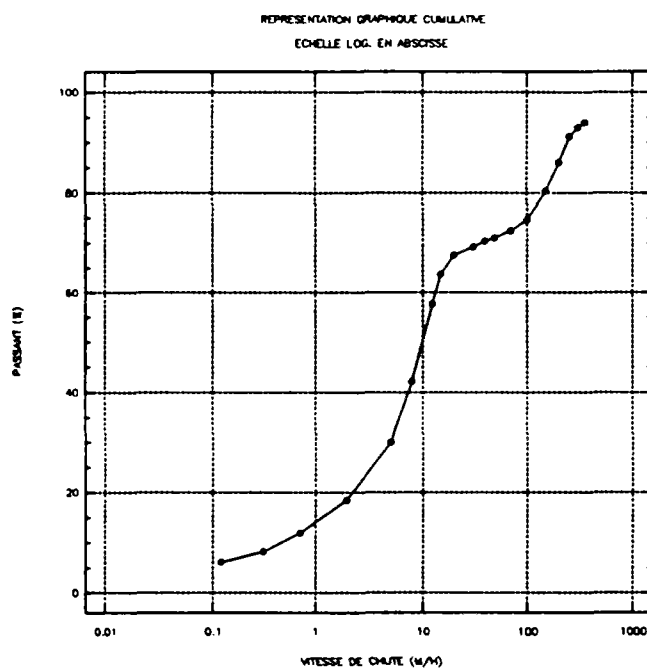


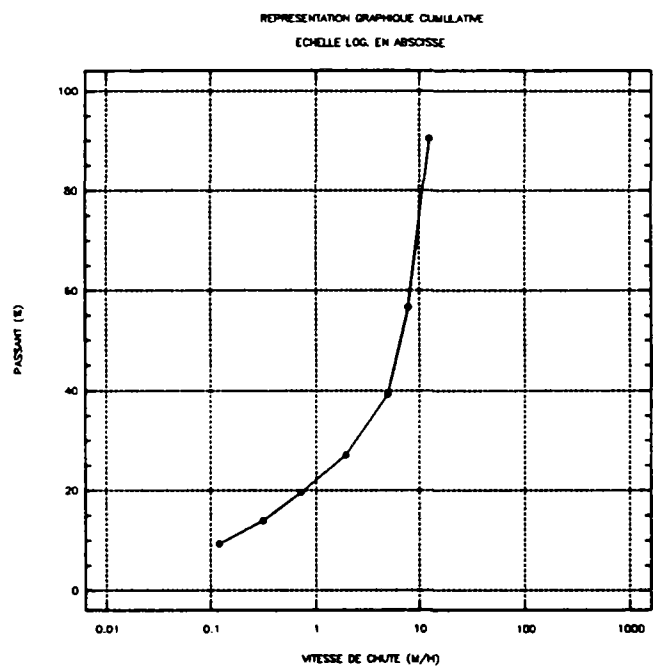
MARLY – 16/08/1989

Classe granulométrique : ECHANTILLON MOYEN

Remarque importante : VALEURS RECONSTITUEES

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,120	!	6,120	!	2,130
0,310	!	8,250	!	3,640
0,710	!	11,890	!	6,500
1,960	!	18,390	!	11,630
5,030	!	30,020	!	12,140
7,860	!	42,160	!	15,510
12,470	!	57,670	!	6,080
15,000	!	63,750	!	3,800
20,000	!	67,550	!	1,690
31,420	!	69,240	!	1,130
40,000	!	70,370	!	0,700
50,000	!	71,070	!	1,330
70,000	!	72,400	!	2,210
100,000	!	74,610	!	5,830
150,000	!	80,440	!	5,540
200,000	!	85,980	!	5,200
250,000	!	91,180	!	1,730
300,000	!	92,910	!	0,980
350,000	!	93,890	!	6,110



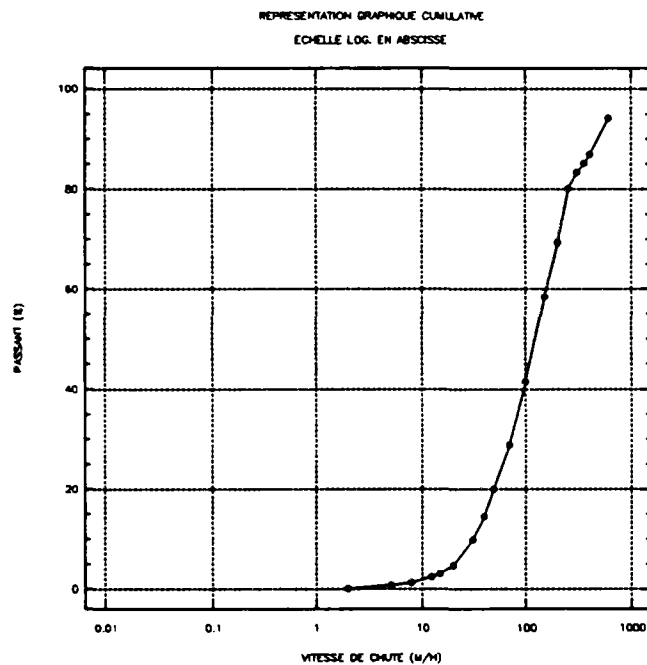
Appareil de mesure : PIPETTE D'ANDREASEN[illegible]

TRIANON – 16/08/1989

Classe granulométrique : >100 μm

Appareil de mesure : COLONNE DE SEDIMENTATION

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
1,960	!	0,140	!	0,600
5,030	!	0,740	!	0,600
7,860	!	1,340	!	1,050
12,470	!	2,390	!	0,660
15,000	!	3,050	!	1,720
20,000	!	4,770	!	5,130
31,420	!	9,900	!	4,530
40,000	!	14,430	!	5,540
50,000	!	19,970	!	8,850
70,000	!	28,820	!	12,700
100,000	!	41,520	!	16,950
150,000	!	58,470	!	10,920
200,000	!	69,390	!	10,760
250,000	!	80,150	!	3,120
300,000	!	83,270	!	1,820
350,000	!	85,090	!	1,810
400,000	!	86,900	!	7,250
600,000	!	94,150	!	5,850
	!		!	

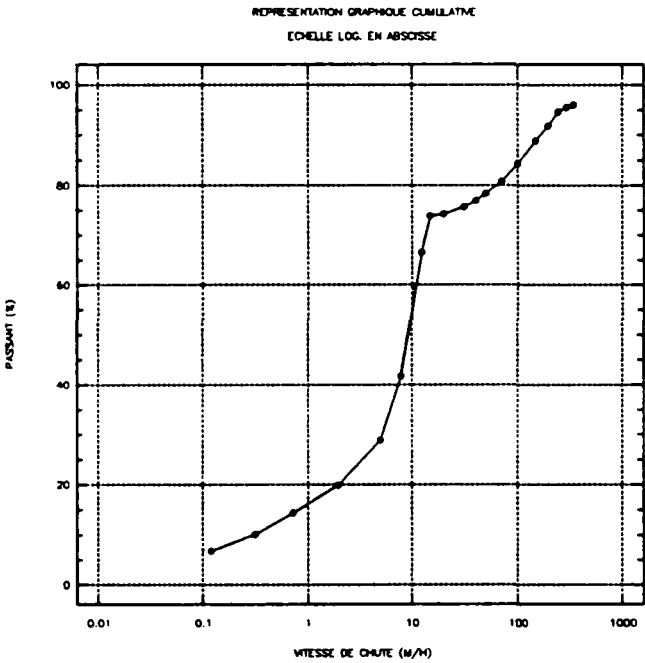


TRIANON – 16/08/1989

Classe granulométrique : **ECHANTILLON MOYEN**

Remarque importante : **VALEURS RECONSTITUEES**

Vitesse de chute V_i [m/h]		Passant en masse $P_i(V_i)$ [%]		Fraction en masse $F_i(V_i, V_{i+1})$ [%]
0,120	!	6,810	!	3,370
0,310	!	10,180	!	4,110
0,710	!	14,290	!	5,520
1,960	!	19,810	!	9,020
5,030	!	28,830	!	12,970
7,860	!	41,800	!	24,820
12,470	!	66,620	!	7,200
15,000	!	73,820	!	0,470
20,000	!	74,290	!	1,380
31,420	!	75,670	!	1,220
40,000	!	76,890	!	1,500
50,000	!	78,390	!	2,390
70,000	!	80,780	!	3,430
100,000	!	84,210	!	4,570
150,000	!	88,780	!	2,950
200,000	!	91,730	!	2,910
250,000	!	94,640	!	0,840
300,000	!	95,480	!	0,490
350,000	!	95,970	!	4,030



ANNEXES C 2.2

Masses volumiques des sources des Matières En Suspension des rejets pluviaux urbains

!-----!	
! ECHANTILLON	:SUSP. RUE SIBIE
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	:PICNOMETRE A AIR
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE
! (micromètre) !	
!-----!	
! < 100	! 1.99 !
! 100 - 250	! 1.81 !
! 250 - 630	! 1.92 !
! 630 - 1600	! 2.23 !
! 1600 - 4000	! 2.43 !
! 4000 - 10000	! 2.56 !
! > 10000	! 2.63 !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	! :SUSP. ESPERANDIEU HAUT !
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	! :PICNOMETRE A AIR !
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	! DENSITE !
! (micromètre) !	!
!-----!	
! < 100	! 2.04 !
! 100 - 4000	! 2.15 !
! > 4000	! 2.17 !
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	! : ESPERANDIEU BAS !
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	! : PICNOMETRE A AIR !
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	! DENSITE !
! (micromètre) !	!
!-----!	
! < 100 µm	! 1.89 !
! 100 - 4000 µm	! 1.93 !
! > 4000 µm	! 2.14 !
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	! :SUSP. ESPERANDIEU BAS !
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	! :PICNOMETRE A AIR !
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	! DENSITE !
! (micromètre) !	!
!-----!	
! < 100	! 1.66 !
! 100 - 4000	! 1.69 !
! > 4000	! 1.91 !
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	: ESPERANDIEU CHAR. PARTIE!
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	: PICNOMETRE A AIR
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE
! (micromètre) !	
!-----!	
! < 100	2.41 !
! 100 - 630	2.53 !
! 630 - 1600	2.45 !
! 1600 - 4000	2.5 !
! 4000 - 10000	2.56 !
! > 10000	2.69 !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

!-----!		
! ECHANTILLON	: 1 RUE ISOARD - TOUT	!
!-----!		
! APPAREIL DE MESURE	:PICNOMETRE A AIR	!
!-----!		
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE	!
! (micromètre) !		!
!-----!		
! < 100	!	2.54 !
! 100 - 250	!	2.65 !
! 250 - 630	!	2.54 !
! 630 - 1600	!	2.22 !
! 1600 - 4000	!	2.52 !
! > 4000	!	2.81 !
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!-----!		

Tableau : Mesures de densité

!-----!		
! ECHANTILLON	:RUE DES TROIS MAGES	!
!-----!		
! APPAREIL DE MESURE	:PICNOMETRE A AIR	!
!-----!		
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE	!
! (micromètre) !		!
!-----!		
! < 100 µm	!	2.09 !
! 100 - 630 µm	!	2.34 !
! 630 - 1600 µm	!	2.28 !
! 1600 - 4000 µm	!	2.64 !
! 4000 - 10000 µm	!	2.82 !
! > 10000 µm	!	2.84 !
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!-----!		

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON	:SUSP. RUE DES 3 MAGES
APPAREIL DE MESURE	:PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
< 100	1.96
100 - 250	2.25
250 - 630	2.23
630 - 1600	2.11
1600 - 4000	2.46
4000 - 10000	2.62
> 10000	2.84

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON	:RUE DES 3MAGES-CHARRIAGE
APPAREIL DE MESURE	:PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
< 100	2.64
100 - 630	2.71
630 - 1600	2.99
1600 - 4000	3.37
4000 - 10000	3.68
10000 - 25000	2.89
> 25000	2.7

Tableau : Mesures de densité

[illegible]

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON		:BAS RUE DE COQ (TOUT)
APPAREIL DE MESURE		:PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE	!	DENSITE
(micromètre)	!	
< 100	!	2.28
100 - 250	!	2.55
250 - 630	!	1.99
630 - 1600	!	1.57
1600 - 4000	!	1.95
> 4000	!	2.58
	!	
	!	
	!	
	!	
	!	
	!	

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	! : RUE GRANDE ARMEE (TOUT) !
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	! : PICNOMETRE A AIR !
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	! DENSITE !
! (micromètre) !	!
!-----!	
! < 100	! 1.76 !
! 100 - 630	! 2.06 !
! 630 - 1600	! 2.5 !
! 1600 - 4000	! 2.52 !
! > 4000	! 2.43 !
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON	: CHARRI. IMPASSE Ct MAGES
APPAREIL DE MESURE	: PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
< 100	2.6
100 - 250	2.65
250 - 630	2.59
630 - 1600	2.61
1600 - 4000	2.69
4000 - 10000	2.65
> 10000	2.74

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON	: IMPASSE Ct MAGES (TOUT)
APPAREIL DE MESURE	: PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
< 100	2.44
100 - 250	2.09
250 - 630	1.72
630 - 1600	1.72
1600 - 4000	2.04
> 4000	2.51

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON	: J. DE BERNARDY (BASSE)
APPAREIL DE MESURE	: PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
< 100	1.93
100 - 250	2.18
250 - 630	2.31
630 - 1600	2.27
1600 - 4000	2.42
4000 - 10000	2.49
> 10000	2.46

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON	: S. J. DE BERNARDY (BASSE)
APPAREIL DE MESURE	: PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
< 100	1.94
100 - 250	2.25
250 - 630	2.39
630 - 1600	2.35
1600 - 4000	2.43
4000 - 10000	2.46
> 10000	2.56

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	! : 9 RUE CONSOLAT (TOUT) !
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	! :PICNOMETRE A AIR !
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	! DENSITE !
! (micromètre) !	!
!-----!	
! < 100	! 2.11 !
! 100 - 250	! 2.02 !
! 250 - 1600	! 1.5 !
! 1600 - 4000	! 1.94 !
! > 4000	! 2.08 !
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	! :SUSP. ESPERANDIEU HAUT !
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	! :PICNOMETRE A AIR !
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	! DENSITE !
! (micromètre) !	! !
!-----!	
! < 100	! 2.04 !
! 100 - 4000	! 2.15 !
! > 4000	! 2.17 !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	: ESPERANDIEU BAS !
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	: PICNOMETRE A AIR !
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE !
! (micromètre) !	! !
!-----!	
! < 100 µm	! 1.89 !
! 100 - 4000 µm	! 1.93 !
! > 4000 µm	! 2.14 !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	: ESPERANDIEU CHAR. PARTIE !
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	: PICNOMETRE A AIR !
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE !
! (micromètre) !	!
!-----!	
! < 100	! 2.41 !
! 100 - 630	! 2.53 !
! 630 - 1600	! 2.45 !
! 1600 - 4000	! 2.5 !
! 4000 - 10000	! 2.56 !
! > 10000	! 2.69 !
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

!-----!		
! ECHANTILLON	: 1 RUE ISOARD - TOUT	!
!-----!		
! APPAREIL DE MESURE	:PICNOMETRE A AIR	!
!-----!		
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE	!
! (micromètre) !		!
!-----!		
! < 100	!	2.54 !
! 100 - 250	!	2.65 !
! 250 - 630	!	2.54 !
! 630 - 1600	!	2.22 !
! 1600 - 4000	!	2.52 !
! > 4000	!	2.81 !
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!-----!		

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	! :RUE DES TROIS MAGES !
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	! :PICNOMETRE A AIR !
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	! DENSITE !
! (micromètre) !	! !
!-----!	
! < 100 µm	! 2.09 !
! 100 - 630 µm	! 2.34 !
! 630 - 1600 µm	! 2.28 !
! 1600 - 4000 µm	! 2.64 !
! 4000 - 10000 µm	! 2.82 !
! > 10000 µm	! 2.84 !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
! !	! !
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON		:SUSP. RUE DES 3 MAGES
APPAREIL DE MESURE		:PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)		DENSITE
< 100		1.96
100 - 250		2.25
250 - 630		2.23
630 - 1600		2.11
1600 - 4000		2.46
4000 - 10000		2.62
> 10000		2.84

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON		:RUE DES 3MAGES-CHARRIAGE
APPAREIL DE MESURE		:PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)		DENSITE
< 100		2.64
100 - 630		2.71
630 - 1600		2.99
1600 - 4000		3.37
4000 - 10000		3.68
10000 - 25000		2.89
> 25000		2.7

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	! :SUSP. DEPOT FOURCHE !
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	! :PICNOMETRE A AIR !
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	! DENSITE !
! (micromètre) !	!
!-----!	
! < 100	! 2.31 !
! > 100	! 2.26 !
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!	!
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

!-----!		
! ECHANTILLON	:BAS RUE DE COQ (TOUT)	!
!-----!		
! APPAREIL DE MESURE	:PICNOMETRE A AIR	!
!-----!		
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE	!
! (micromètre) !		!
!-----!		
! < 100	!	2.28 !
! 100 - 250	!	2.55 !
! 250 - 630	!	1.99 !
! 630 - 1600	!	1.57 !
! 1600 - 4000	!	1.95 !
! > 4000	!	2.58 !
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!-----!		

Tableau : Mesures de densité

!-----!		
! ECHANTILLON	:RUE GRANDE ARMEE (TOUT)	!
!-----!		
! APPAREIL DE MESURE	:PICNOMETRE A AIR	!
!-----!		
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE	!
! (micromètre) !		!
!-----!		
! < 100	!	1.76 !
! 100 - 630	!	2.06 !
! 630 - 1600	!	2.5 !
! 1600 - 4000	!	2.52 !
! > 4000	!	2.43 !
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!-----!		

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON	:CHARRI. IMPASSE Ct MAGES!
APPAREIL DE MESURE	:PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE ! (micromètre) !	DENSITE !
< 100 !	2.6 !
100 - 250 !	2.65 !
250 - 630 !	2.59 !
630 - 1600 !	2.61 !
1600 - 4000 !	2.69 !
4000 - 10000 !	2.65 !
> 10000 !	2.74 !

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON	:IMPASSE Ct MAGES (TOUT) !
APPAREIL DE MESURE	:PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE ! (micromètre) !	DENSITE !
< 100 !	2.44 !
100 - 250 !	2.09 !
250 - 630 !	1.72 !
630 - 1600 !	1.72 !
1600 - 4000 !	2.04 !
> 4000 !	2.51 !

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : J. DE BERNARDY (BASSE)	
APPAREIL DE MESURE : PICNOMETRE A AIR	
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
< 100	1.93
100 - 250	2.18
250 - 630	2.31
630 - 1600	2.27
1600 - 4000	2.42
4000 - 10000	2.49
> 10000	2.46

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : S. J. DE BERNARDY (BASSE)	
APPAREIL DE MESURE : PICNOMETRE A AIR	
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
< 100	1.94
100 - 250	2.25
250 - 630	2.39
630 - 1600	2.35
1600 - 4000	2.43
4000 - 10000	2.46
> 10000	2.56

Tableau : Mesures de densité

[illegible]

Tableau : Mesures de densité

!-----!		
! ECHANTILLON	: 9 RUE CONSOLAT (TOUT)	!
!-----!		
! APPAREIL DE MESURE	:PICNOMETRE A AIR	!
!-----!		
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE	!
! (micromètre) !		!
!-----!		
! < 100	!	2.11 !
! 100 - 250	!	2.02 !
! 250 - 1600	!	1.5 !
! 1600 - 4000	!	1.94 !
! > 4000	!	2.08 !
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!	!	!
!-----!		

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON	:SUSP. ISOARD HAUT
APPAREIL DE MESURE	:PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
< 100	1.68
100 - 4000	1.96
> 4000	2.33

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	! : Pt.3 (10/10/89;0-12cm) !
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	! :PICNOMETRE A AIR !
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	! DENSITE !
! (micromètre) !	! !
!-----!	
! 100-160	! 2.54 !
! 160-250	! 2.6 !
! 250-400	! 2.66 !
! 400-630	! 2.66 !
! 630-1000	! 2.68 !
! 1000-1600	! 2.68 !
! 1600-2500	! 2.69 !
! 2500-4000	! 2.68 !
! 4000-6300	! 2.68 !
! 6300-10000	! 2.66 !
! 10000-14000	! 2.4 !
! 14000-25000	! 2.44 !
! !	! !
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	! :Pt.3(10/10/89;12-22.5cm) !
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	! :PICNOMETRE A AIR !
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	! DENSITE !
! (micromètre) !	! !
!-----!	
! 100-160	! 2.56 !
! 160-250	! 2.64 !
! 250-400	! 2.65 !
! 400-630	! 2.66 !
! 630-1000	! 2.66 !
! 1000-1600	! 2.68 !
! 1600-2500	! 2.71 !
! 2500-4000	! 2.72 !
! 4000-6300	! 2.66 !
! 6300-10000	! 2.69 !
! 10000-14000	! 2.69 !
! 14000-25000	! 2.63 !
! > 25000 µm	! 2.71 !
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON	:P.3-10/10/89;22.5-32.5cm
APPAREIL DE MESURE	:PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
100-160	2.62
160-250	2.66
250-400	2.66
400-630	2.66
630-1000	2.69
1000-1600	2.71
1600-2500	2.72
2500-4000	2.85
4000-6300	2.75
6300-10000	2.63
10000-14000	2.49
14000-25000	2.32
> 25000 µm	2.46

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON	:P.3-10/10/89;32.5-40.5cm
APPAREIL DE MESURE	:PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
100-160	2.69
160-250	2.69
250-400	2.66
400-630	2.7
630-1000	2.72
1000-1600	2.73
1600-2500	2.75
2500-4000	2.82
4000-6300	2.76
6300-10000	2.83
10000-14000	2.71
14000-25000	2.6
> 25000 µm	2.59

Tableau : Mesures de densité

!-----!		
! ECHANTILLON	: P.3-10/10/89;40.5-54.5cm!	!
!-----!		
! APPAREIL DE MESURE	: PICNOMETRE A AIR	!
!-----!		
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE	!
! (micromètre) !		!
!-----!		
! 100-160	!	2.55 !
! 160-250	!	2.61 !
! 250-400	!	2.66 !
! 400-630	!	2.67 !
! 630-1000	!	2.69 !
! 1000-1600	!	2.7 !
! 1600-2500	!	2.7 !
! 2500-4000	!	2.69 !
! 4000-6300	!	2.68 !
! 6300-10000	!	2.7 !
! 10000-14000	!	2.77 !
! > 14000 µm	!	2.69 !
!	!	!
!-----!		

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : Pt.10 (10/10/89;0-5cm)	
APPAREIL DE MESURE :PICNOMETRE A AIR	
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
100-160	2.58
160-250	2.61
250-400	2.62
400-630	2.56
630-1000	2.5
1000-1600	2.5
1600-2500	2.84
>2500 µm	2.64

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : Pt.10 (10/10/89;5-10cm)	
APPAREIL DE MESURE :PICNOMETRE A AIR	
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
100-160	2.59
160-250	2.61
250-400	2.61
400-630	2.6
630-1000	2.58
1000-1600	2.62
1600-2500	3.64
2500-4000	5.71
>4000 µm	2.18

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	: Pt.10(10/10/89;10-15cm)!
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	:PICNOMETRE A AIR
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE
! (micromètre) !	!
!-----!	
! 100-160	! 2.6 !
! 160-250	! 2.61 !
! 250-400	! 2.51 !
! 400-630	! 2.52 !
! 630-1000	! 2.41 !
! 1000-1600	! 2.22 !
! 1600-2500	! 2.81 !
! 2500-4000	! 3.32 !
! >4000 µm	! 2.01 !
!	!
!	!
!	!
!	!
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	: Pt.10(10/10/89;15-20cm)!
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	:PICNOMETRE A AIR
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE
! (micromètre) !	!
!-----!	
! 100-160	! 2.6 !
! 160-250	! 2.62 !
! 250-400	! 2.58 !
! 400-630	! 2.55 !
! 630-1000	! 2.56 !
! 1000-1600	! 2.43 !
! 1600-2500	! 2.6 !
! 2500-4000	! 2.54 !
! >4000 µm	! 2.25 !
!	!
!	!
!	!
!	!
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : Pt.10(10/10/89;20-25cm)	
APPAREIL DE MESURE : PICNOMETRE A AIR	
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
100-160	2.59
160-250	2.63
250-400	2.64
400-630	2.61
630-1000	2.6
1000-1600	2.53
1600-2500	2.65
2500-4000	2.53
>4000 µm	2.47

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : Pt.10(10/10/89;25-30cm)	
APPAREIL DE MESURE : PICNOMETRE A AIR	
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
100-160	2.62
160-250	2.62
250-400	2.64
400-630	2.64
630-1000	2.64
1000-1600	2.64
1600-2500	2.7
2500-4000	2.91
4000-6300	2.64
6300-10000	2.57
10000-14000	2.7
>14000 µm	2.64

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : Pt.10(10/10/89;30-35cm)	
APPAREIL DE MESURE :PICNOMETRE A AIR	
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
100-160	2.58
160-250	2.59
250-400	2.48
400-630	2.48
630-1000	2.39
1000-1600	2.43
1600-2500	2.55
2500-4000	2.54
4000-6300	2.49
6300-10000	2.52

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : Pt.10(10/10/89;35-40cm)	
APPAREIL DE MESURE :PICNOMETRE A AIR	
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
100-160	2.6
160-250	2.58
250-400	2.46
400-630	2.42
630-1000	2.28
1000-1600	2.23
1600-2500	2.34
2500-4000	2.12
4000-6300	1.94
6300-10000	1.63
10000-14000	1.44

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : pt 03 - 16/05/88	
APPAREIL DE MESURE : picnomètre à air	
CLASSE GRANULOMETRIQUE ! (micromètre) !	DENSITE
250 - 315 !	2.75 !
315 - 500 !	2.69 !
500 - 1000 !	2.69 !
1000 - 2500 !	2.72 !
2500 - 5000 !	2.74 !
5000 - 6300 !	2.78 !
6300 - 8000 !	2.76 !
8000 - 10000 !	2.72 !
10000 - 20000 !	3.19 !
>20000 !	2.26 !

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : pt 10 - 16/05/88	
APPAREIL DE MESURE : picnomètre à air	
CLASSE GRANULOMETRIQUE ! (micromètre) !	DENSITE
250 - 315 !	2.68 !
315 - 500 !	2.66 !
500 - 1000 !	2.64 !
1000 - 2500 !	2.63 !
2500 - 5000 !	2.57 !
5000 - 6300 !	2.59 !
6300 - 8000 !	2.61 !
8000 - 10000 !	2.31 !
10000 - 20000 !	2.31 !
>20000 !	2.64 !

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	: pt 03 - 15/09/88 !
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	: picnometre a air !
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE !
! (micromètre) !	!
!-----!	
! 100 - 160	! 2.74 !
! 160 - 250	! 2.67 !
! 250 - 400	! 2.68 !
! 400 - 630	! 2.69 !
! 630 - 1000	! 2.69 !
! 1000 - 1600	! 2.68 !
! 1600 - 2500	! 2.69 !
! 2500 - 4000	! 2.65 !
! 4000 - 6300	! 2.66 !
! 6300 - 10000	! 2.68 !
! 10000 - 14000	! 2.69 !
! 14000 - 25000	! 2.72 !
! >25000	! 2.67 !
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	: pt 10 - 15/09/88 !
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	: picnometre a air !
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE !
! (micromètre) !	!
!-----!	
! 100 - 160	! 2.67 !
! 160 - 250	! 2.66 !
! 250 - 400	! 2.64 !
! 400 - 630	! 2.62 !
! 630 - 1000	! 2.54 !
! 1000 - 1600	! 2.47 !
! 1600 - 2500	! 2.47 !
! 2500 - 4000	! 2.42 !
! 4000 - 6300	! 2.11 !
! 6300 - 10000	! 1.7 !
! 10000 - 14000	! 1.57 !
! 14000 - 25000	! 1.36 !
! >25000	! !
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : pt 3 - 28/09/88	
APPAREIL DE MESURE : picnometre a air	
CLASSE GRANULOMETRIQUE ! (micromètre) !	DENSITE
100 - 160 !	2.88 !
160 - 250 !	2.72 !
250 - 400 !	2.71 !
400 - 630 !	2.72 !
630 - 1000 !	2.74 !
1000 - 1600 !	2.77 !
1600 - 2500 !	2.77 !
2500 - 4000 !	2.76 !
4000 - 6300 !	2.77 !
6300 - 10000 !	2.94 !
10000 - 14000 !	2.94 !
14000 - 25000 !	2.62 !
>25000 !	2.66 !

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : pt 10 - 28/09/88	
APPAREIL DE MESURE : picnomètre à air	
CLASSE GRANULOMETRIQUE ! (micromètre) !	DENSITE
100 - 160 !	2.66 !
160 - 250 !	2.65 !
250 - 400 !	2.63 !
400 - 630 !	2.6 !
630 - 1000 !	2.44 !
1000 - 1600 !	2.16 !
1600 - 2500 !	2.17 !
2500 - 4000 !	1.96 !
4000 - 6300 !	1.64 !
6300 - 10000 !	1.49 !
10000 - 14000 !	1.68 !
14000 - 25000 !	1.35 !
>25000 !	

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON		: POINT N°1 - 12/12/1989
APPAREIL DE MESURE		: PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE	!	DENSITE
(micromètre)	!	
100-250	!	2.64
250-400	!	2.66
400-630	!	2.72
630-1000	!	2.77
1000-1600	!	2.8
1600-2500	!	2.8
2500-4000	!	2.87
4000-6300	!	2.85
6300-10000	!	2.85
10000-14000	!	3.11
14000-25000	!	2.68
> 25000 µm	!	2.58

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON		: POINT N°3 - 12/12/1989
APPAREIL DE MESURE		: PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE	!	DENSITE
(micromètre)	!	
100-250	!	2.63
250-400	!	2.68
400-630	!	2.73
630-1000	!	2.74
1000-1600	!	2.75
1600-2500	!	2.77
2500-4000	!	2.76
4000-6300	!	2.78
6300-10000	!	2.74
10000-14000	!	2.75
14000-25000	!	2.79
> 25000 µm	!	2.66

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : POINT N°5 - 12/12/1989	
APPAREIL DE MESURE : PICNOMETRE A AIR	
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
100-160	2.61
160-250	2.7
250-400	2.7
400-630	2.72
630-1000	2.74
1000-1600	2.73
1600-2500	2.73
2500-4000	2.73
4000-6300	2.69
6300-10000	2.71
10000-14000	2.62
> 14000 µm	2.56

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : POINT N°7_8-12/12/1989	
APPAREIL DE MESURE : PICNOMETRE A AIR	
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
100-160	2.61
160-250	2.69
250-400	2.69
400-630	2.7
630-1000	2.71
1000-1600	2.71
1600-2500	2.7
2500-4000	2.7
4000-6300	2.68
6300-10000	2.7
10000-14000	2.55
> 14000 µm	2.51

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	: POINT N°9 ~ 12/12/1989 !
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	: PICNOMETRE A AIR !
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE !
! (micromètre) !	!
!-----!	
! 100-160	! 2.67 !
! 160-250	! 2.67 !
! 250-400	! 2.69 !
! 400-630	! 2.69 !
! 630-1000	! 2.7 !
! 1000-1600	! 2.67 !
! 1600-2500	! 2.69 !
! 2500-4000	! 2.68 !
! 4000-6300	! 2.65 !
! 6300-10000	! 2.64 !
! 10000-14000	! 2.65 !
! > 14000 µm	! 2.86 !
! !	! !
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	: POINT N°12 - 12/12/1989!
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	: PICNOMETRE A AIR !
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE !
! (micromètre) !	!
!-----!	
! 100-160	! 2.66 !
! 160-250	! 2.67 !
! 250-400	! 2.67 !
! 400-630	! 2.68 !
! 630-1000	! 2.7 !
! 1000-1600	! 2.67 !
! 1600-2500	! 2.74 !
! 2500-4000	! 2.69 !
! 4000-6300	! 2.48 !
! 6300-10000	! 2.32 !
! 10000-14000	! 2.46 !
! > 14000 µm	! 2.65 !
! !	! !
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : POINT N°14 - 12/12/1989	
APPAREIL DE MESURE : PICNOMETRE A AIR	
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
100-160	2.65
160-250	2.66
250-400	2.67
400-630	2.66
630-1000	2.67
1000-1600	2.69
1600-2500	2.72
2500-4000	2.7
4000-6300	2.67
6300-10000	2.76
10000-14000	2.79
14000-25000	2.74
> 25000	2.11

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : POINT N°16 - 12/12/1989	
APPAREIL DE MESURE : PICNOMETRE A AIR	
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)	DENSITE
100-160	2.72
160-250	2.66
250-400	2.69
400-630	2.72
630-1000	2.79
1000-1600	2.8
1600-2500	2.87
2500-4000	2.9
4000-6300	3.16
6300-10000	3.12
10000-14000	3.37
> 14000 µm	4.5

Tableau : Mesures de densité

!-----!		
! ECHANTILLON	: POINT N°19 - 12/12/1989!	
!-----!		
! APPAREIL DE MESURE	: PICNOMETRE A AIR	!
!-----!		
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE	!
! (micromètre) !		!
!-----!		
! 100-160	!	2.61 !
! 160-250	!	2.67 !
! 250-400	!	2.7 !
! 400-630	!	2.75 !
! 630-1000	!	2.77 !
! 1000-1600	!	2.78 !
! 1600-2500	!	2.78 !
! 2500-4000	!	2.8 !
! 4000-6300	!	2.82 !
! 6300-10000	!	2.9 !
! 10000-14000	!	2.95 !
! 14000-25000	!	2.78 !
! > 25000 µm	!	6.65 !
!-----!		

Tableau : Mesures de densité

!-----!		
! ECHANTILLON	: POINT N°22 - 12/12/1989!	
!-----!		
! APPAREIL DE MESURE	: PICNOMETRE A AIR	!
!-----!		
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE	!
! (micromètre) !		!
!-----!		
! 100-160	!	2.64 !
! 160-250	!	2.64 !
! 250-400	!	2.68 !
! 400-630	!	2.7 !
! 630-1000	!	2.72 !
! 1000-1600	!	2.73 !
! 1600-2500	!	2.73 !
! 2500-4000	!	2.74 !
! 4000-6300	!	2.71 !
! 6300-10000	!	2.79 !
! 10000-14000	!	2.69 !
! 14000-25000	!	2.51 !
! > 25000 µm	!	2.76 !
!-----!		

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON		: POINT N°25 - 12/12/1989
APPAREIL DE MESURE		: PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)		DENSITE
100-250	!	2.72 !
250-400	!	2.68 !
400-630	!	2.73 !
630-1000	!	2.73 !
1000-1600	!	2.73 !
1600-2500	!	2.75 !
2500-4000	!	2.76 !
4000-6300	!	2.73 !
6300-10000	!	2.68 !
10000-14000	!	2.75 !
> 14000 µm	!	2.55 !

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON		: POINT N°29 - 12/12/1989
APPAREIL DE MESURE		: PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)		DENSITE
100-160	!	2.62 !
160-250	!	2.63 !
250-400	!	2.68 !
400-630	!	2.7 !
630-1000	!	2.72 !
1000-1600	!	2.73 !
1600-2500	!	2.75 !
2500-4000	!	2.74 !
4000-6300	!	2.74 !
6300-10000	!	2.76 !
10000-14000	!	2.68 !
> 14000 µm	!	2.7 !

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	: POINT N°36 - 12/12/1989!
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	: PICNOMETRE A AIR
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE
! (micromètre) !	!
!-----!	
! 100-160	! 2.6 !
! 160-250	! 2.66 !
! 250-400	! 2.67 !
! 400-630	! 2.71 !
! 630-1000	! 2.73 !
! 1000-1600	! 2.73 !
! 1600-2500	! 2.71 !
! 2500-4000	! 2.73 !
! 4000-6300	! 2.71 !
! 6300-10000	! 2.71 !
! 10000-14000	! 2.67 !
! 14000-25000	! 2.61 !
! > 25000 µm	! 2.48 !
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

!-----!	
! ECHANTILLON	: POINT N°40 - 12/12/1989!
!-----!	
! APPAREIL DE MESURE	: PICNOMETRE A AIR
!-----!	
! CLASSE GRANULOMETRIQUE !	DENSITE
! (micromètre) !	!
!-----!	
! 100-160	! 2.69 !
! 160-250	! 2.67 !
! 250-400	! 2.7 !
! 400-630	! 2.71 !
! 630-1000	! 2.76 !
! 1000-1600	! 2.81 !
! 1600-2500	! 3.06 !
! 2500-4000	! 3.07 !
! 4000-6300	! 3.51 !
! 6300-10000	! 4.49 !
! 10000-14000	! 6.02 !
! 14000-25000	! 3.33 !
! > 25000 µm	! 2.41 !
!-----!	

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : POINT N°43 - 12/12/1989	
APPAREIL DE MESURE : PICNOMETRE A AIR	
CLASSE GRANULOMETRIQUE ! (micromètre) !	DENSITE !
100-160 !	2.72 !
160-250 !	2.6 !
250-400 !	2.65 !
400-630 !	2.7 !
630-1000 !	2.71 !
1000-1600 !	2.71 !
1600-2500 !	2.72 !
2500-4000 !	2.71 !
4000-6300 !	2.7 !
6300-10000 !	2.69 !
10000-14000 !	2.71 !
14000-25000 !	2.66 !
> 25000 µm !	2.67 !

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON : POINT N°44 - 12/12/1989	
APPAREIL DE MESURE : PICNOMETRE A AIR	
CLASSE GRANULOMETRIQUE ! (micromètre) !	DENSITE !
100-160 !	2.64 !
160-250 !	2.66 !
250-400 !	2.68 !
400-630 !	2.7 !
630-1000 !	2.74 !
1000-1600 !	2.75 !
1600-2500 !	2.76 !
2500-4000 !	2.75 !
4000-6300 !	2.79 !
6300-10000 !	2.83 !
10000-14000 !	2.88 !
14000-25000 !	2.68 !
> 25000 µm !	2.42 !

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON		: POINT N°45 - 12/12/1989
APPAREIL DE MESURE		: PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)		DENSITE
100-160	!	2.6 !
160-250	!	2.66 !
250-400	!	2.68 !
400-630	!	2.68 !
630-1000	!	2.7 !
1000-1600	!	2.72 !
1600-2500	!	2.72 !
2500-4000	!	2.71 !
4000-6300	!	2.69 !
6300-10000	!	2.71 !
10000-14000	!	2.67 !
14000-25000	!	2.69 !
> 25000 µm	!	2.67 !

Tableau : Mesures de densité

ECHANTILLON		: POINT N°46 - 12/12/1989
APPAREIL DE MESURE		: PICNOMETRE A AIR
CLASSE GRANULOMETRIQUE (micromètre)		DENSITE
100-160	!	2.56 !
160-250	!	2.64 !
250-400	!	2.68 !
400-630	!	2.7 !
630-1000	!	2.71 !
1000-1600	!	2.72 !
1600-2500	!	2.75 !
2500-4000	!	2.75 !
4000-6300	!	2.75 !
6300-10000	!	2.74 !
10000-14000	!	2.69 !
14000-25000	!	2.83 !
> 25000 µm	!	2.7 !

Tableau : Mesures de densité

ANNEXE C3

DISTRIBUTION DE LA POLLUTION DES REJETS PLUVIAUX URBAINS

C 3.1. Histogrammes du pourcentage de la masse rejetée annuellement par classe d'événement

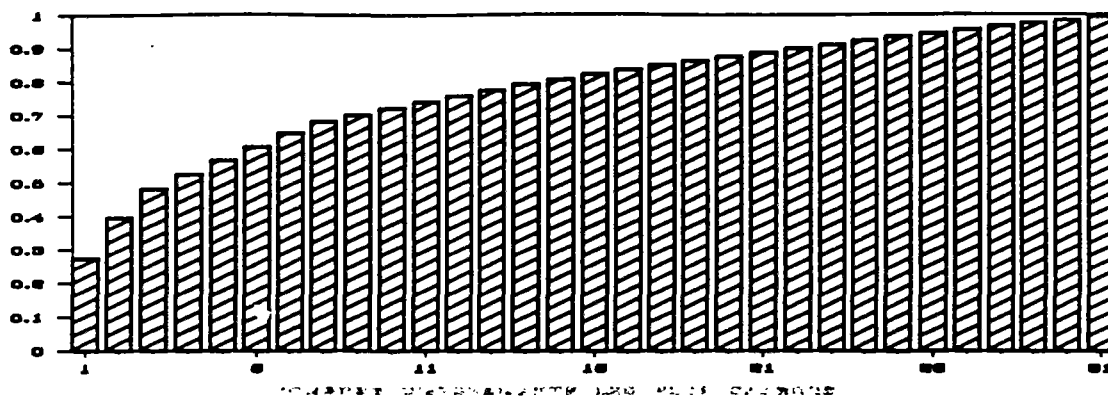
C 3.2. Répartition de la pollution au cours des événements pluviaux –courbes de Geiger

ANNEXES C 3.1

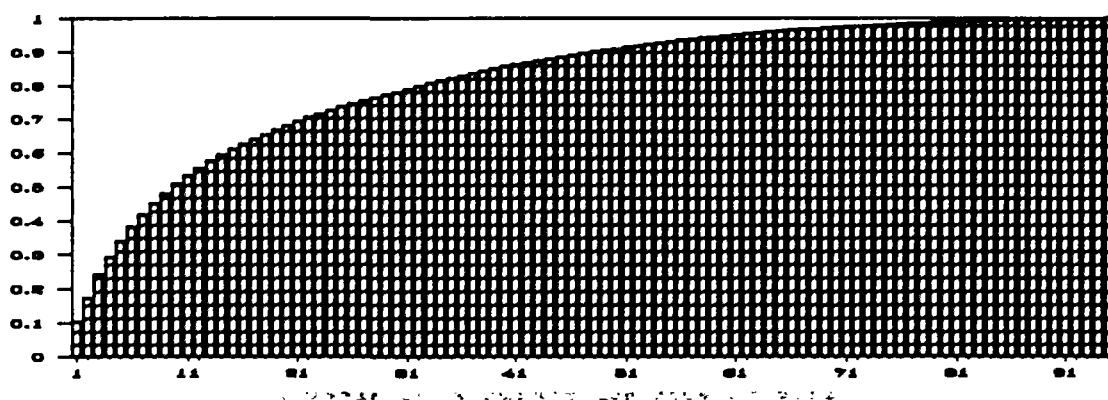
**Histogrammes du pourcentage de la masse rejetée annuellement par classe d'événement
(classe i définie par les i événements les plus chargés)**

Agnès SAGET – Ghassan CHEBBO

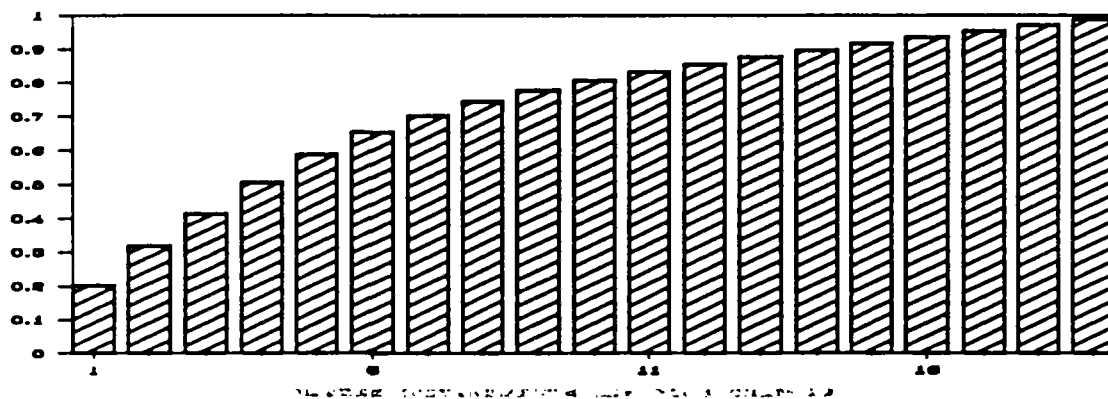
MAUREPAS



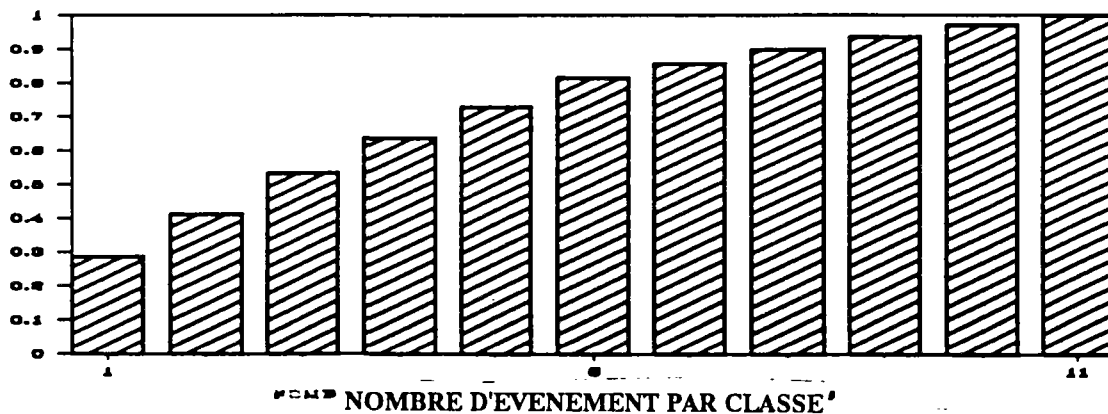
LES ULIS



AIX ZUP



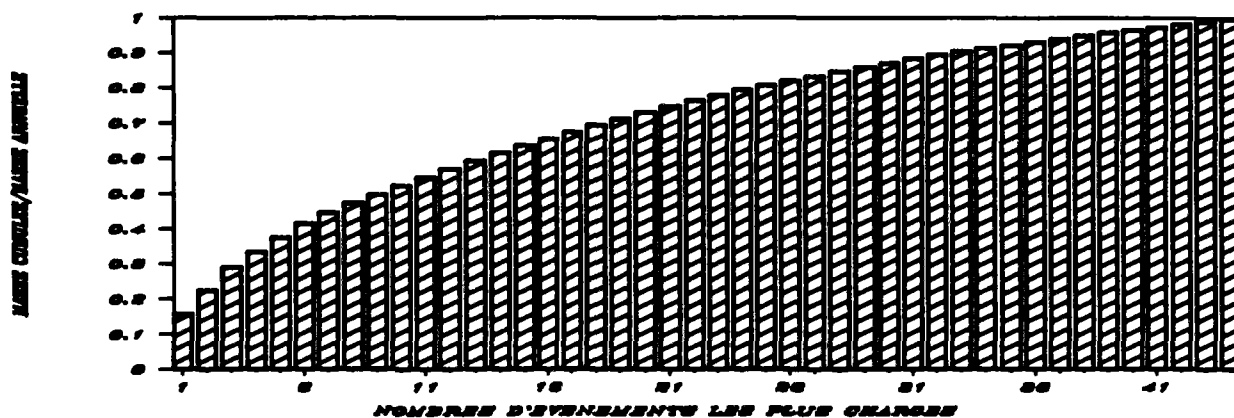
AIX NORD



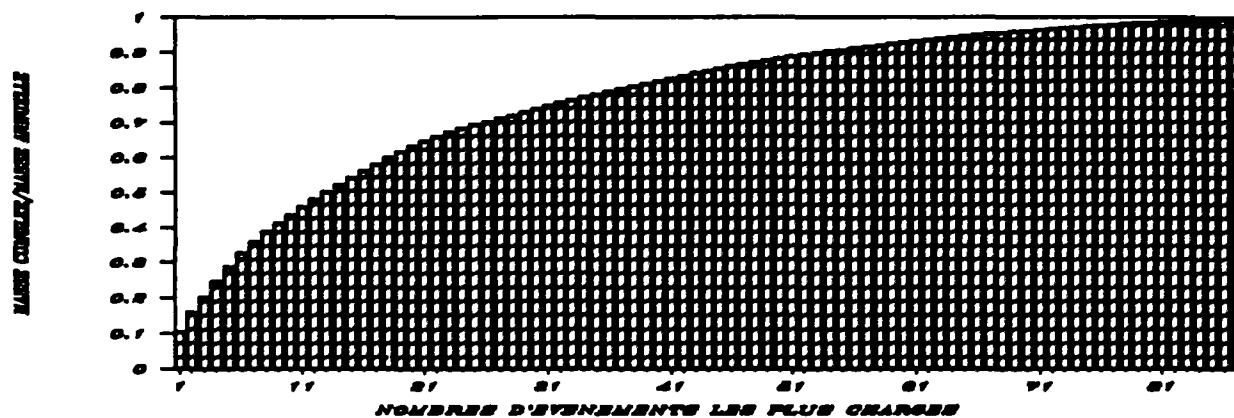
MASSE DES EVENEMENTS D'UNE CLASSE / MASSE ANI ANUELLE

NOMBRE D'EVENEMENT PAR CLASSE

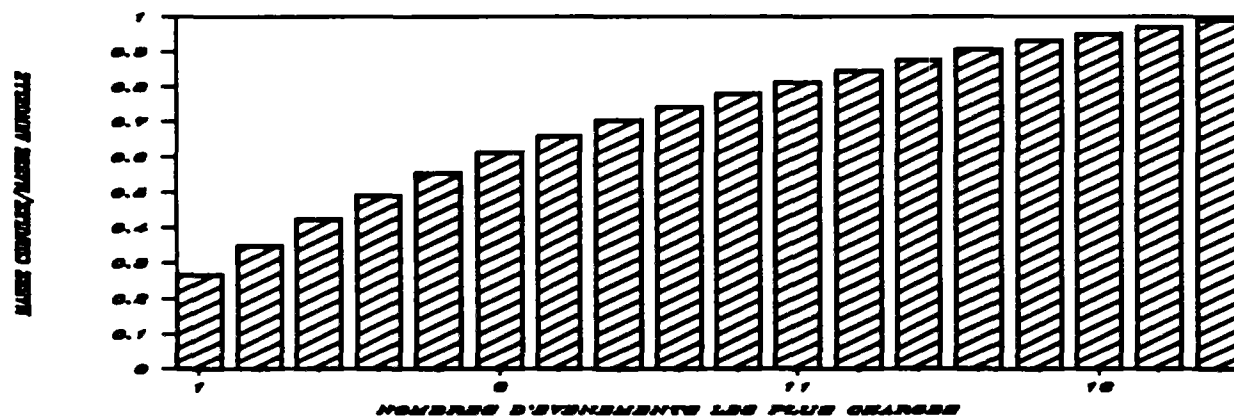
MAUREPAS DCO



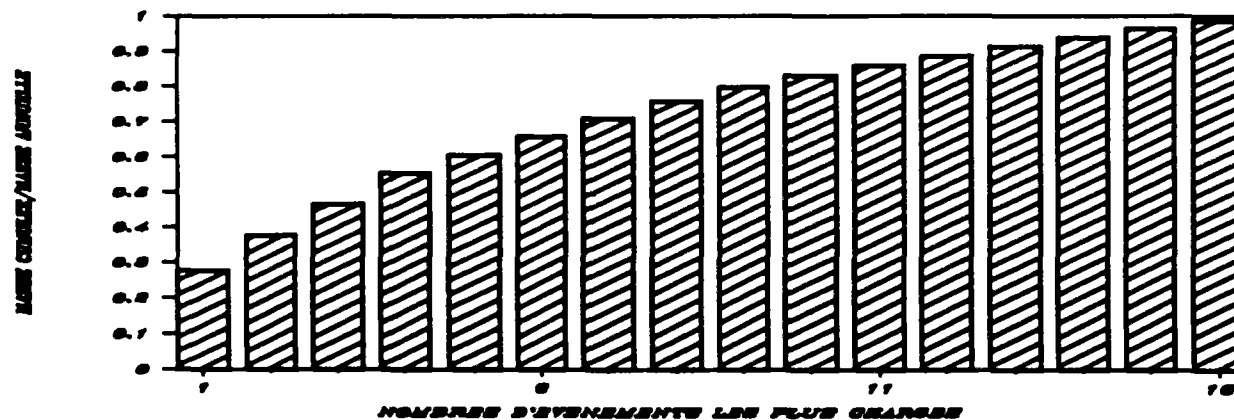
LES ULIS DCO



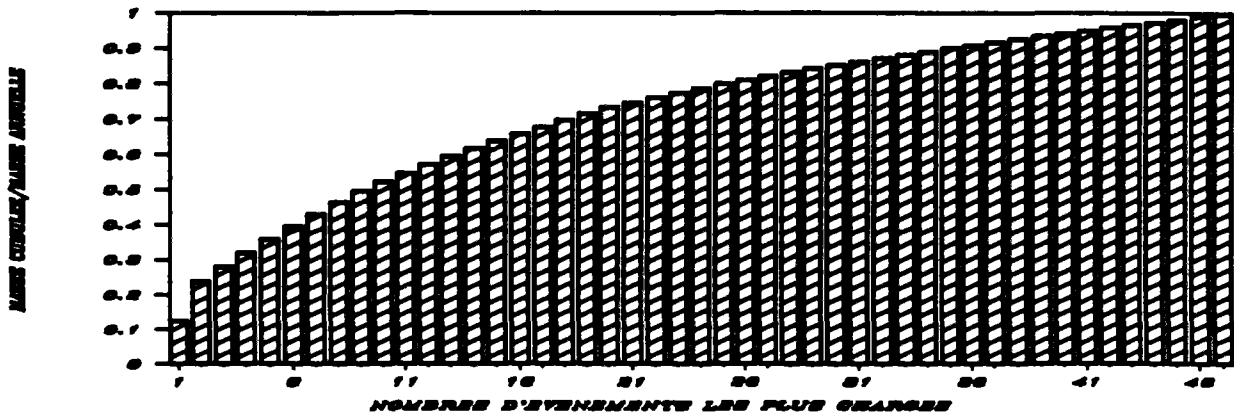
AIX ZUP DCO



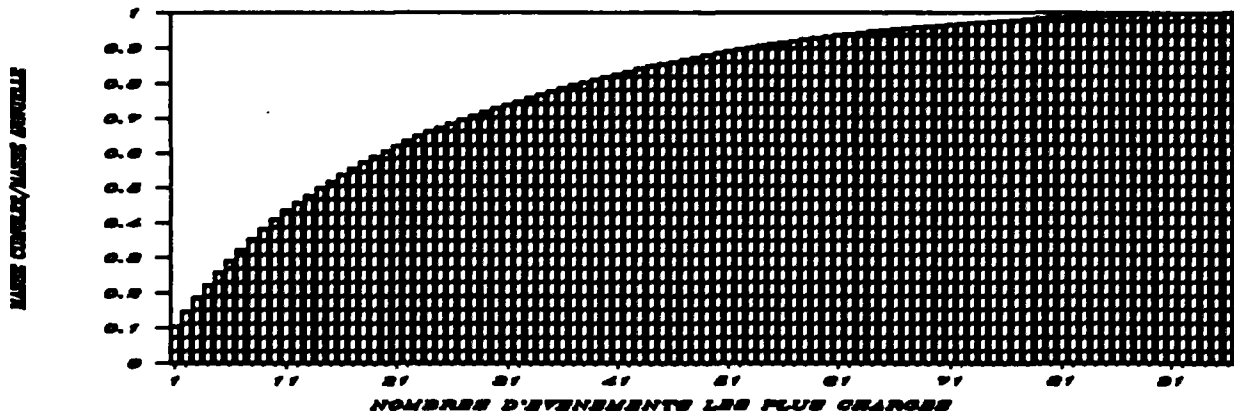
AIX NORD DCO



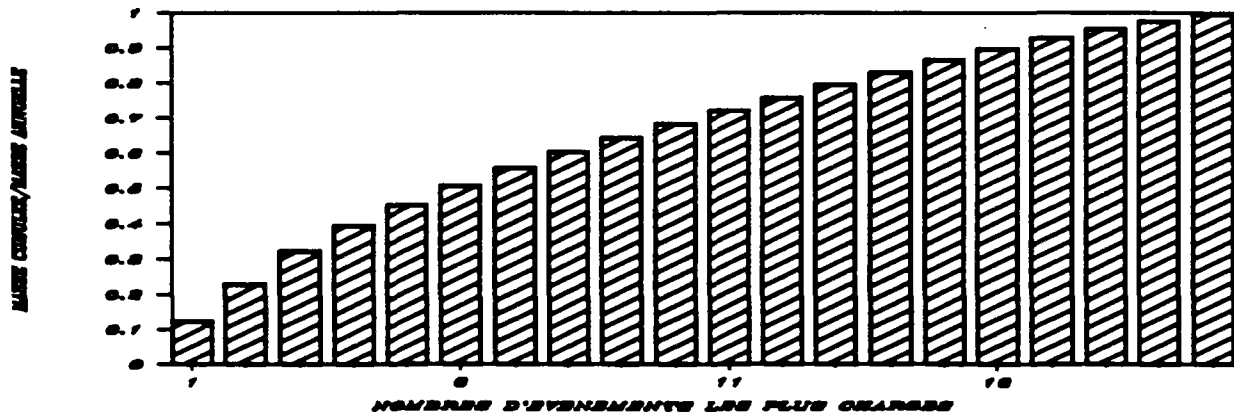
MAUREPAS DB05



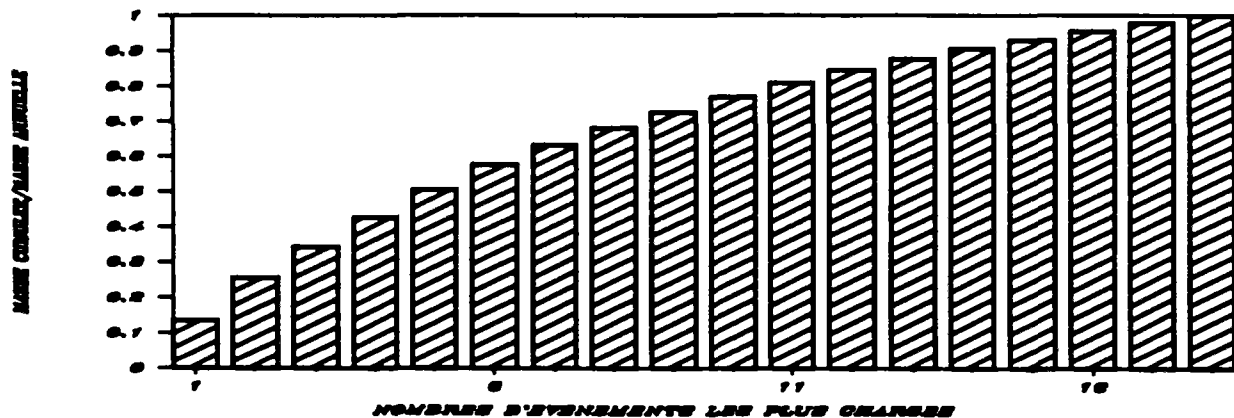
LES ULIS DB05



AIX ZUP DB05



AIX NORD DB05



ANNEXES C 3.2

Répartition de la pollution au cours des événements pluviaux – Courbes de GEIGER

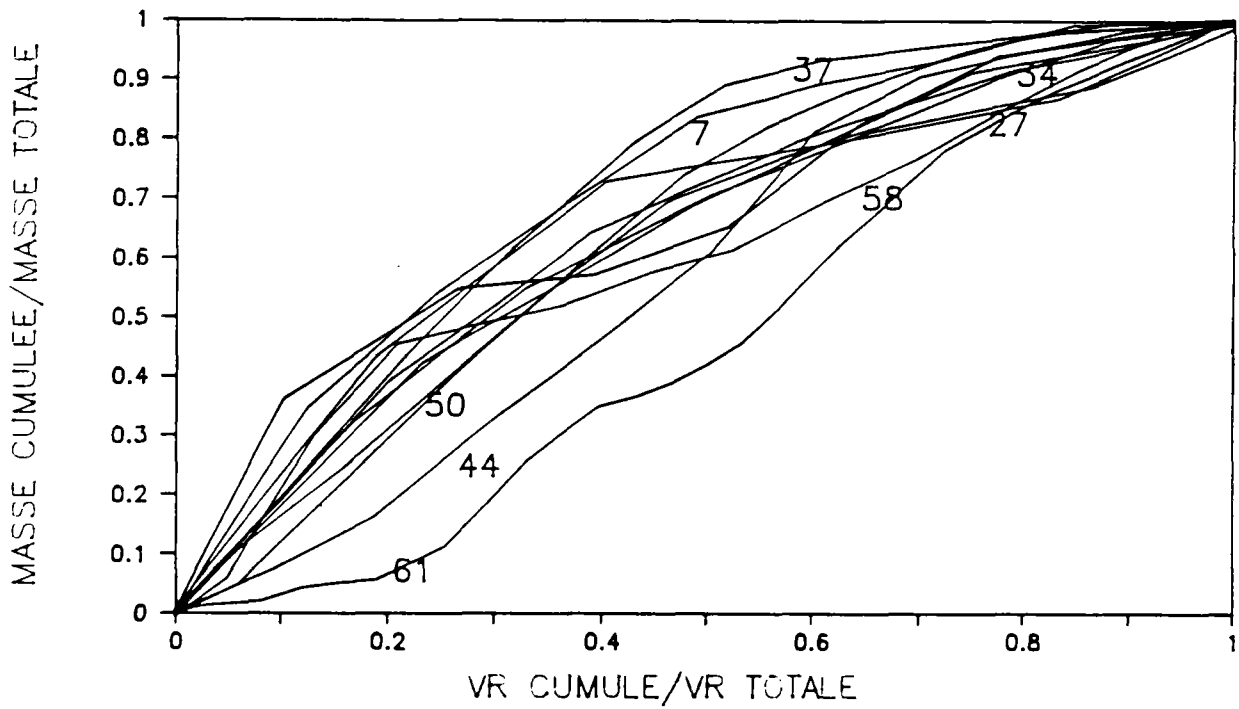
Agnès SAGET – Ghassan CHEBBO

COURBES DE GEIGER

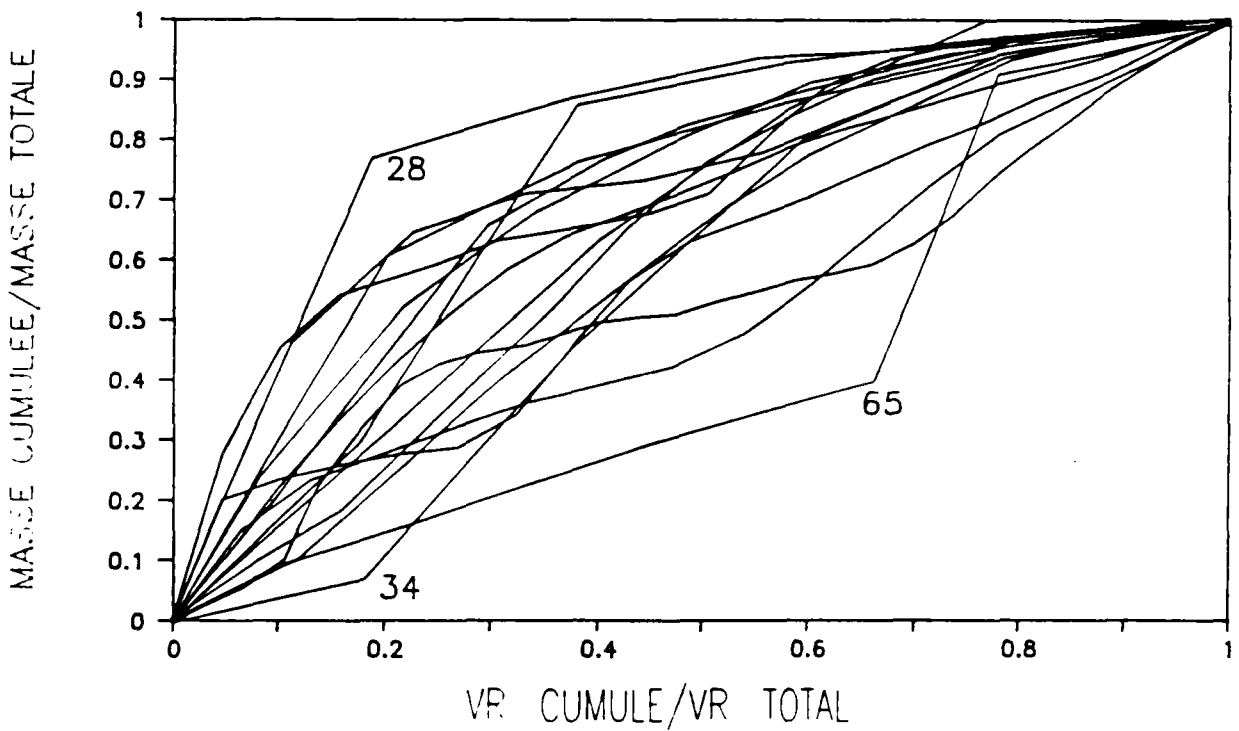
BASSINS D'AIX

PARAMETRE MES

AIX NORD



AIX ZUP

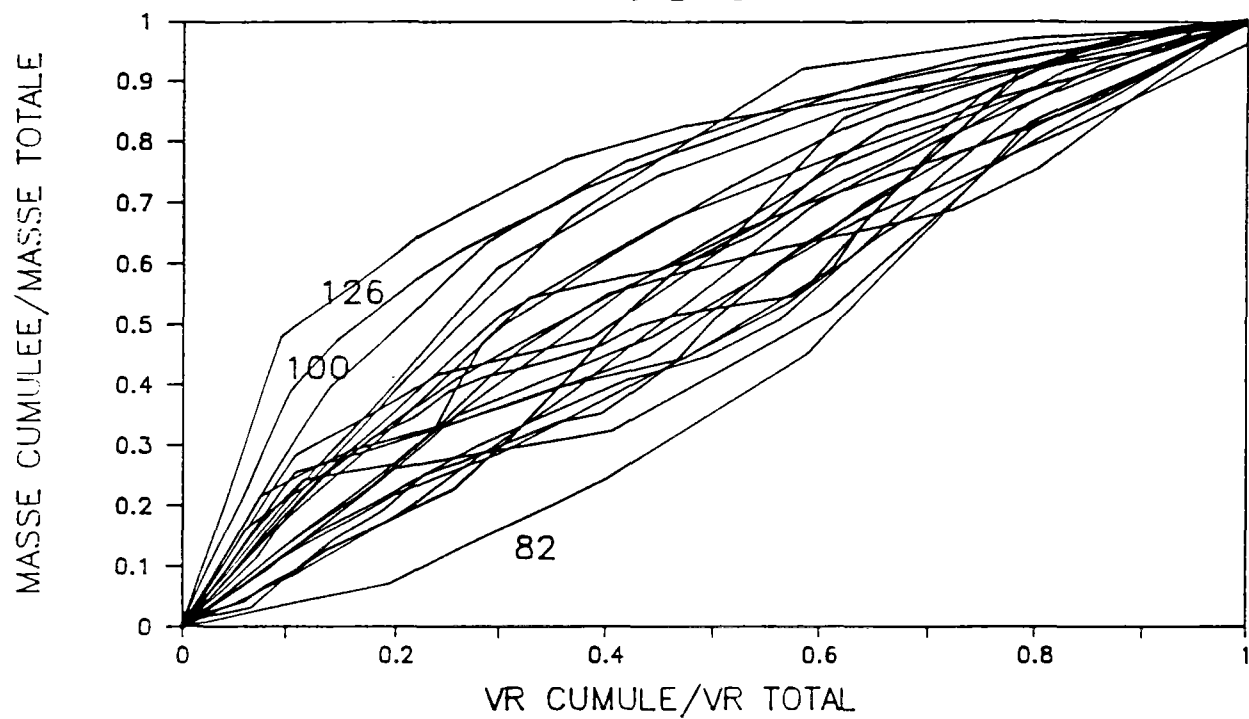


COURBES DE GEIGER

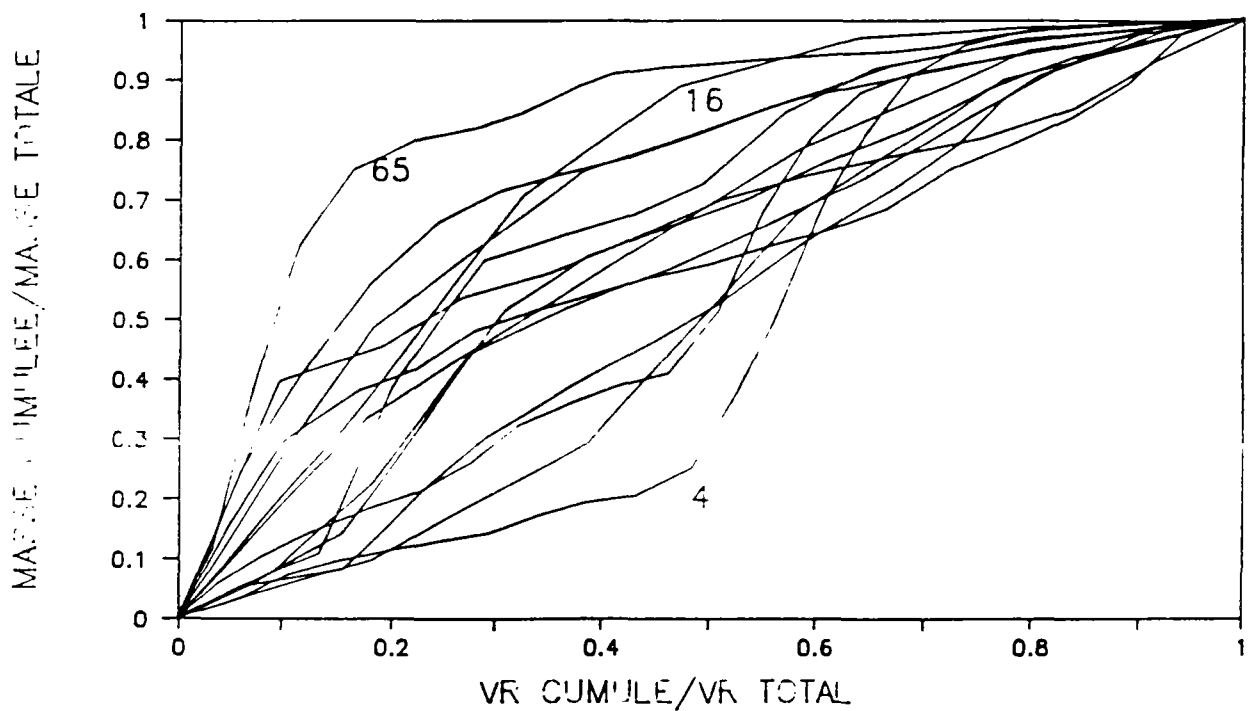
BASSINS DE MAUREPAS ET DES ULIS

PARAMETRE MES

MAUREPAS

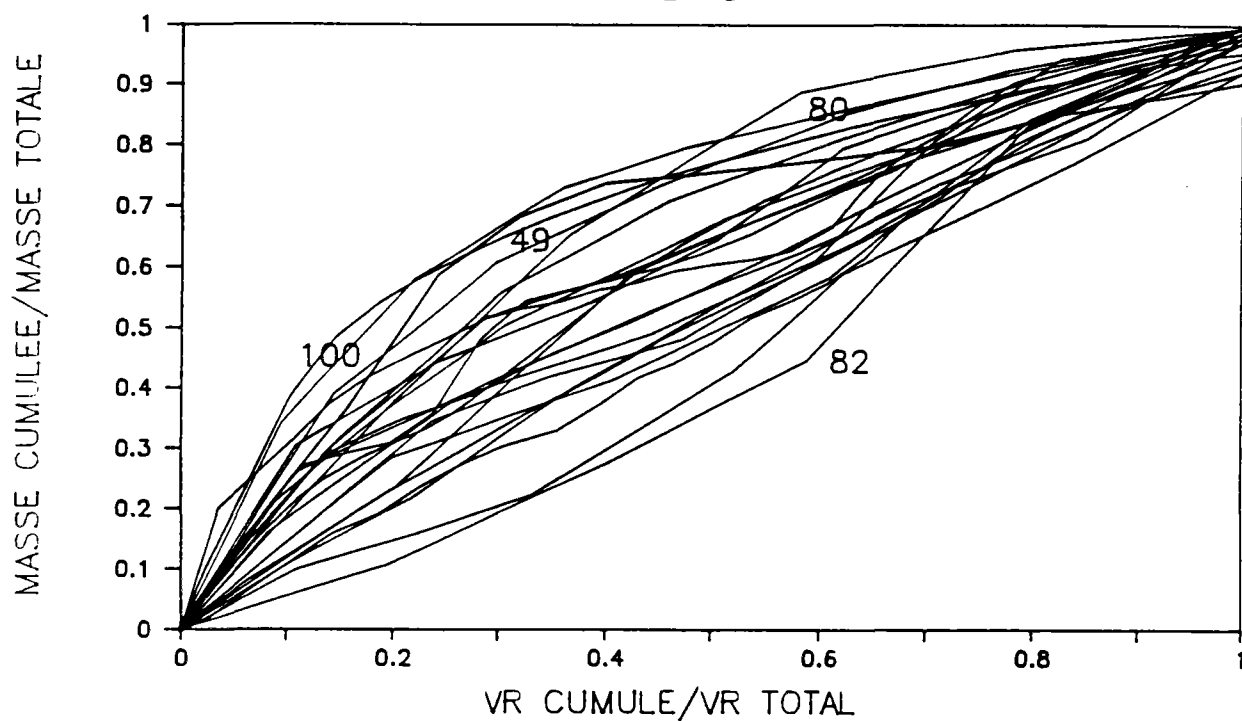


LES ULIS

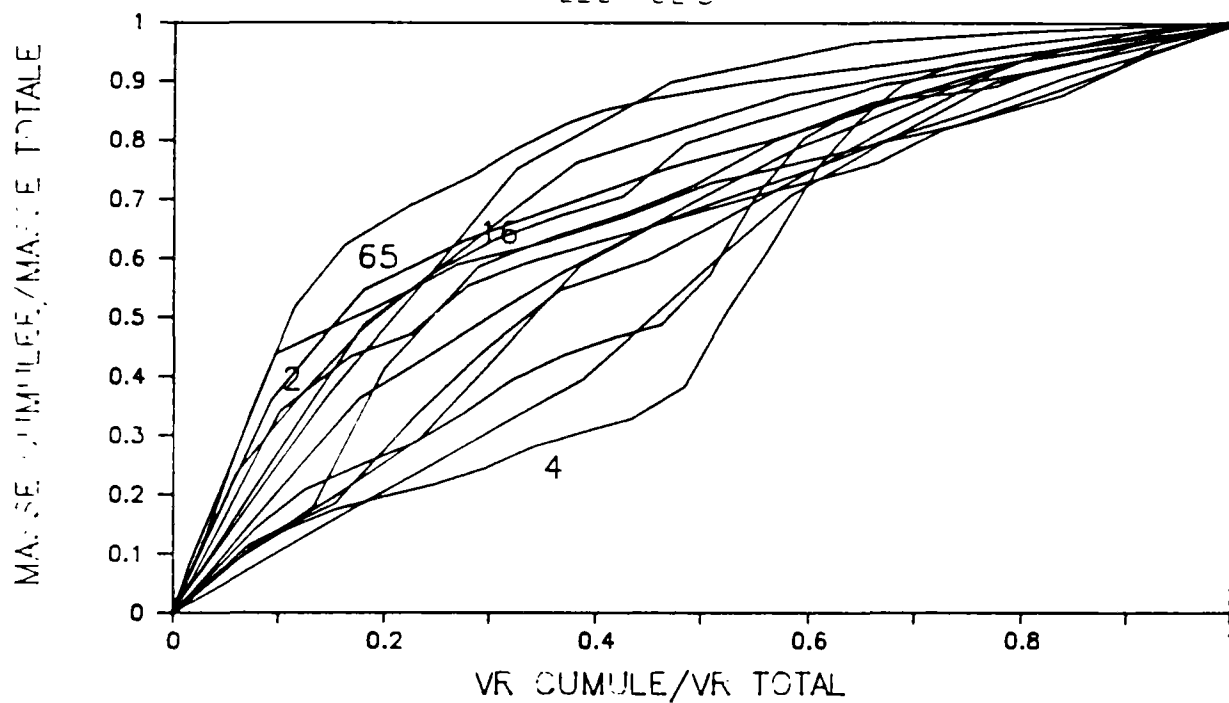


COURBES DE GEIGER
BASSINS DE MAUREPAS ET DES ULIS
PARAMETRE DCO

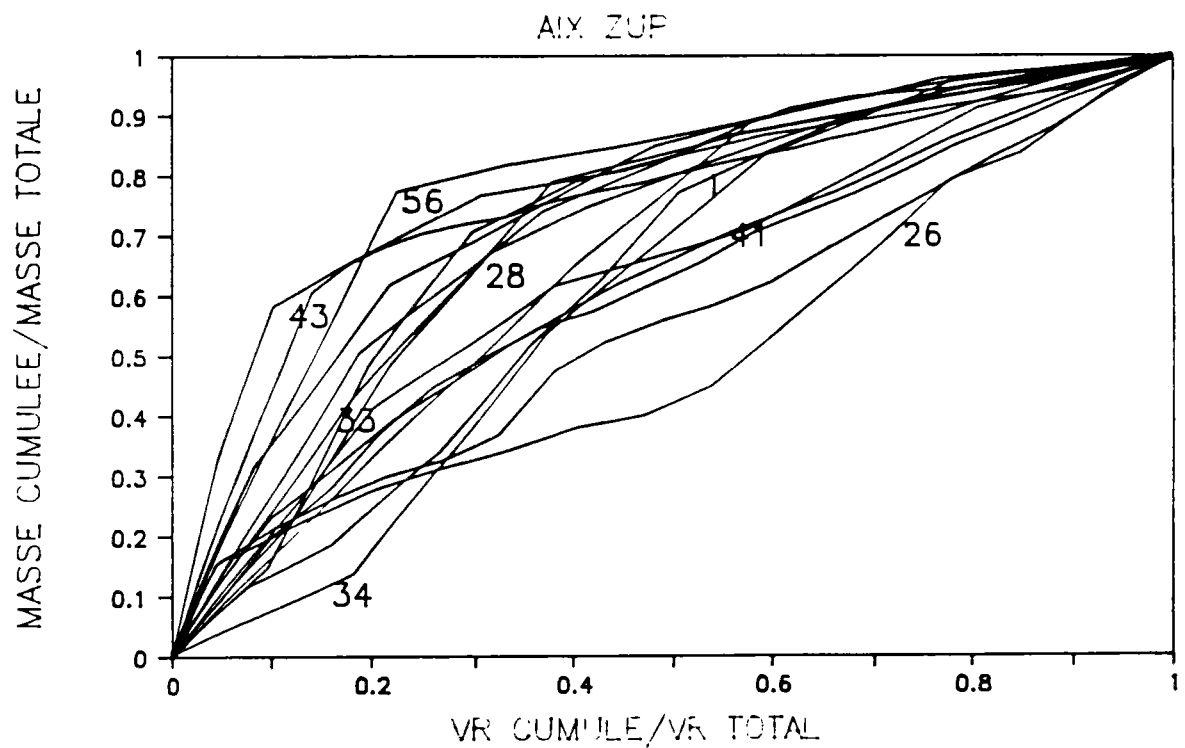
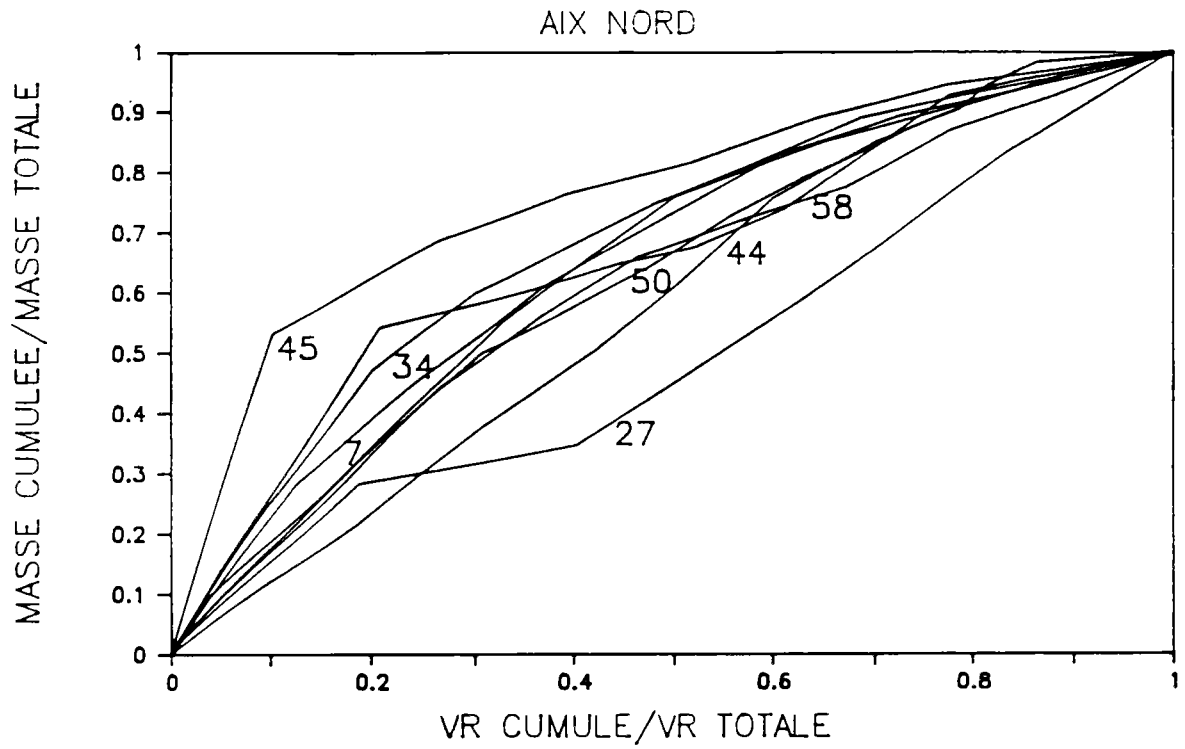
MAUREPAS



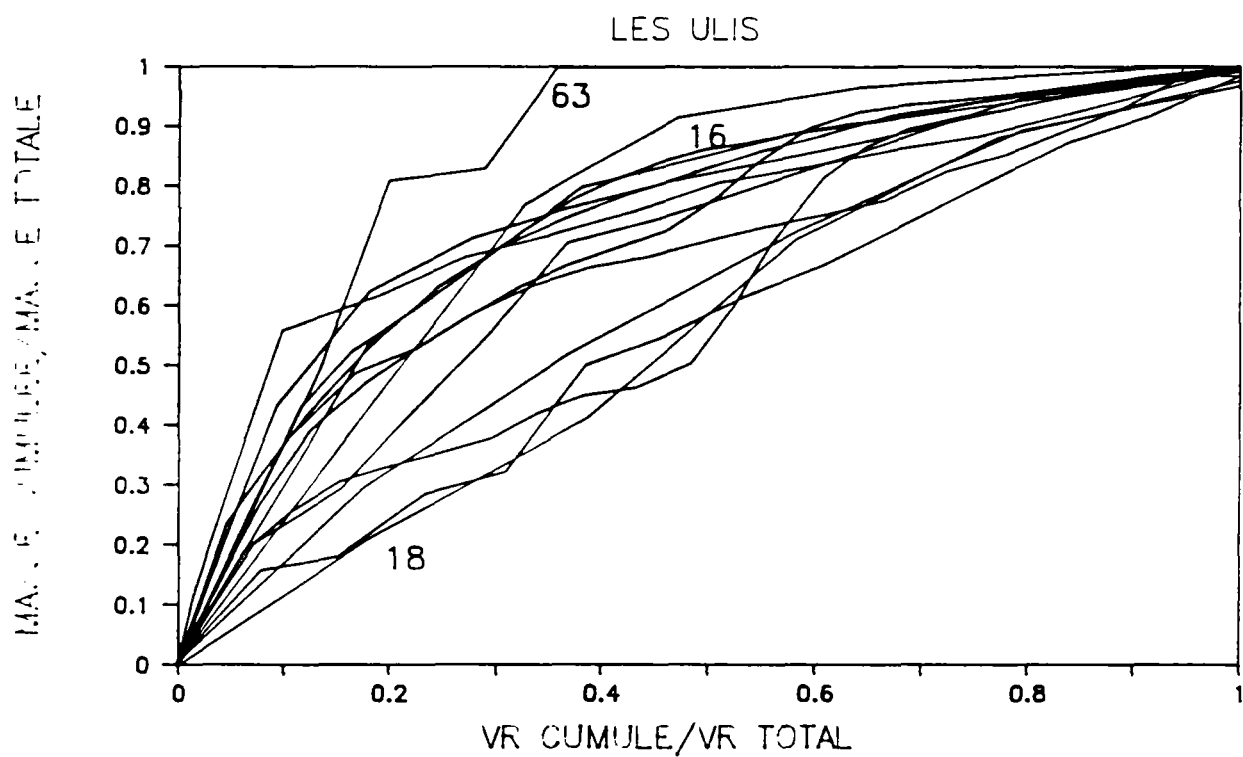
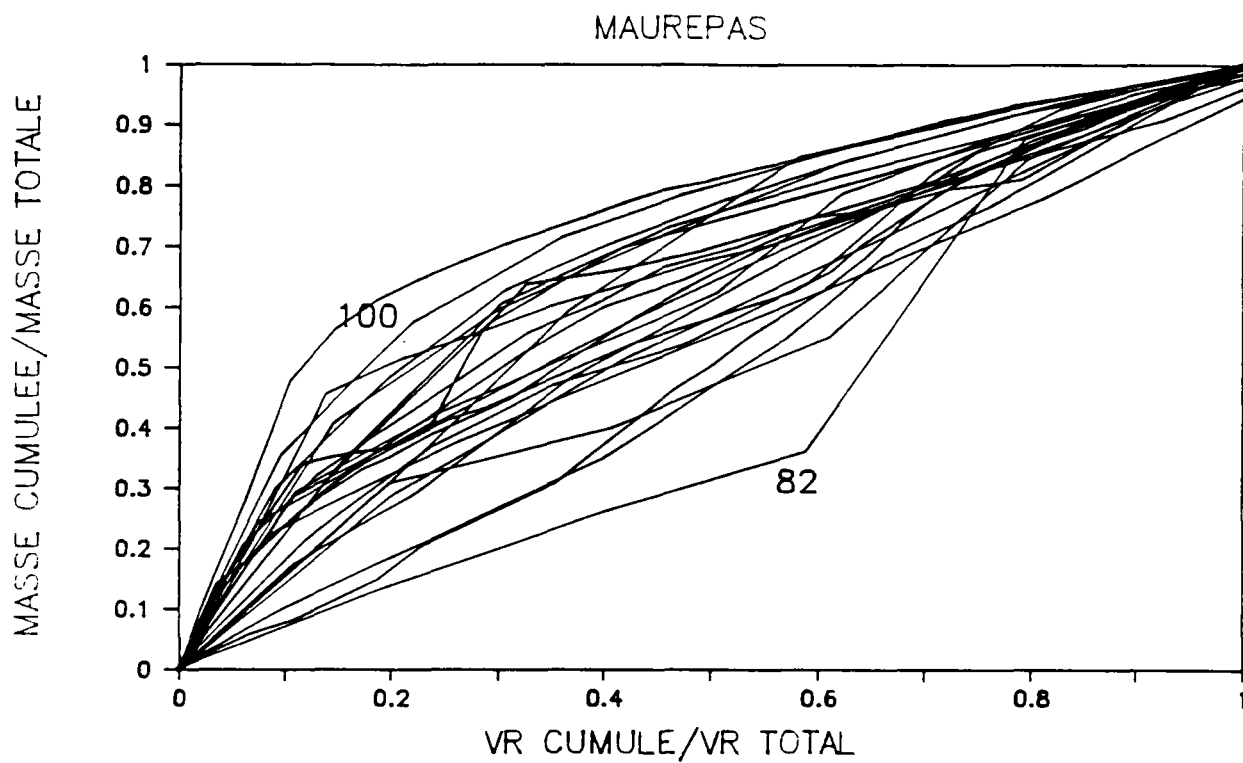
LES ULIS



COURBES DE GEIGER
BASSINS D'AIX
PARAMETRE DCO



COURBES DE GEIGER
BASSINS DE MAUREPAS ET DES ULIS
PARAMATRE DBO5

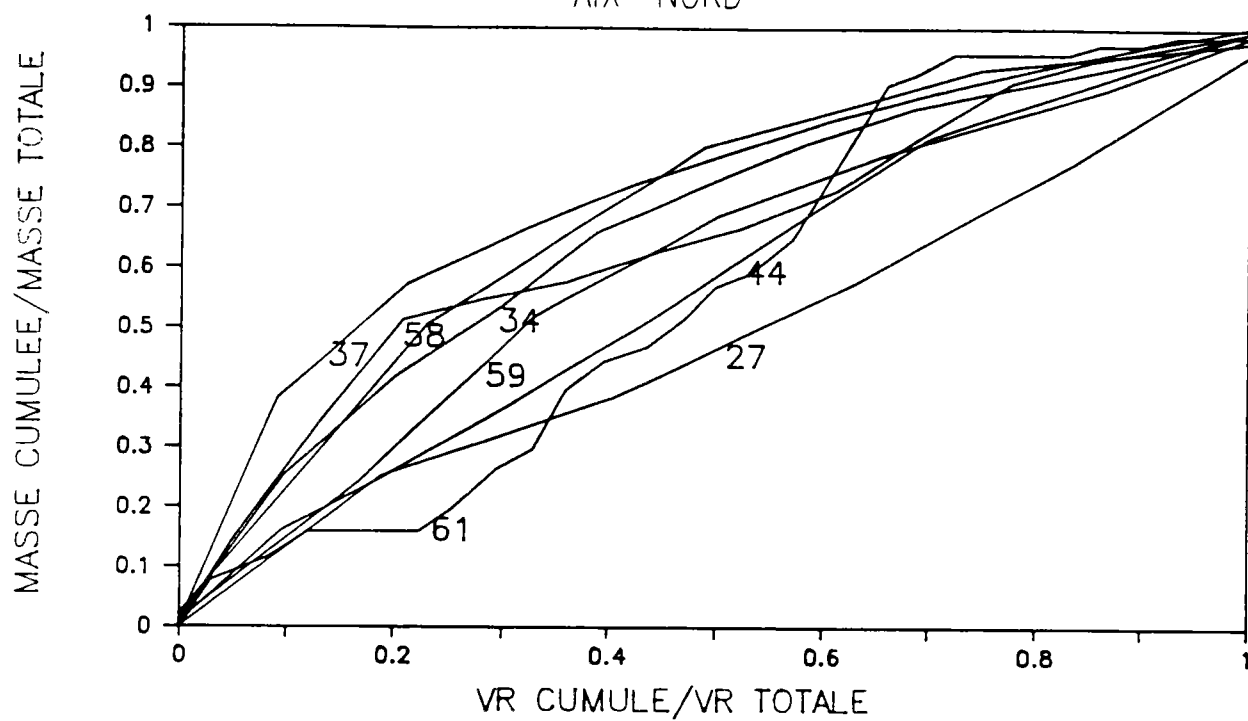


COURBES DE GEIGER

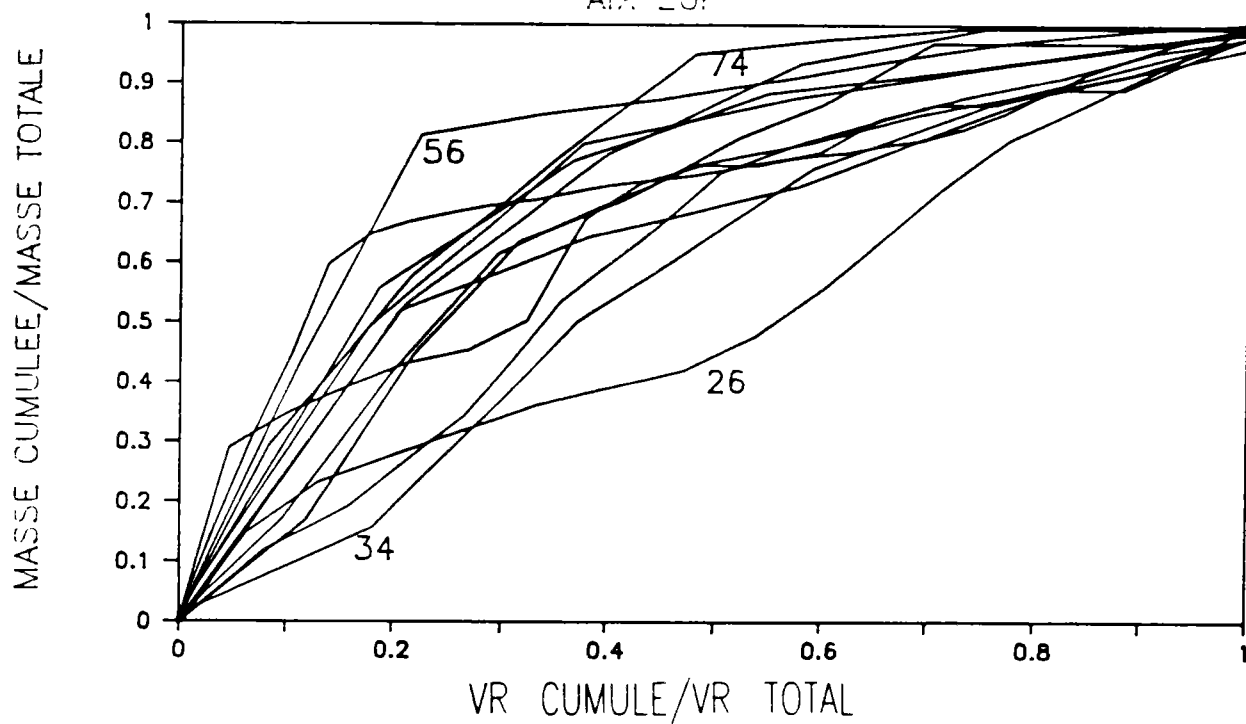
BASSINS D'AIX

PARAMETRE DB05

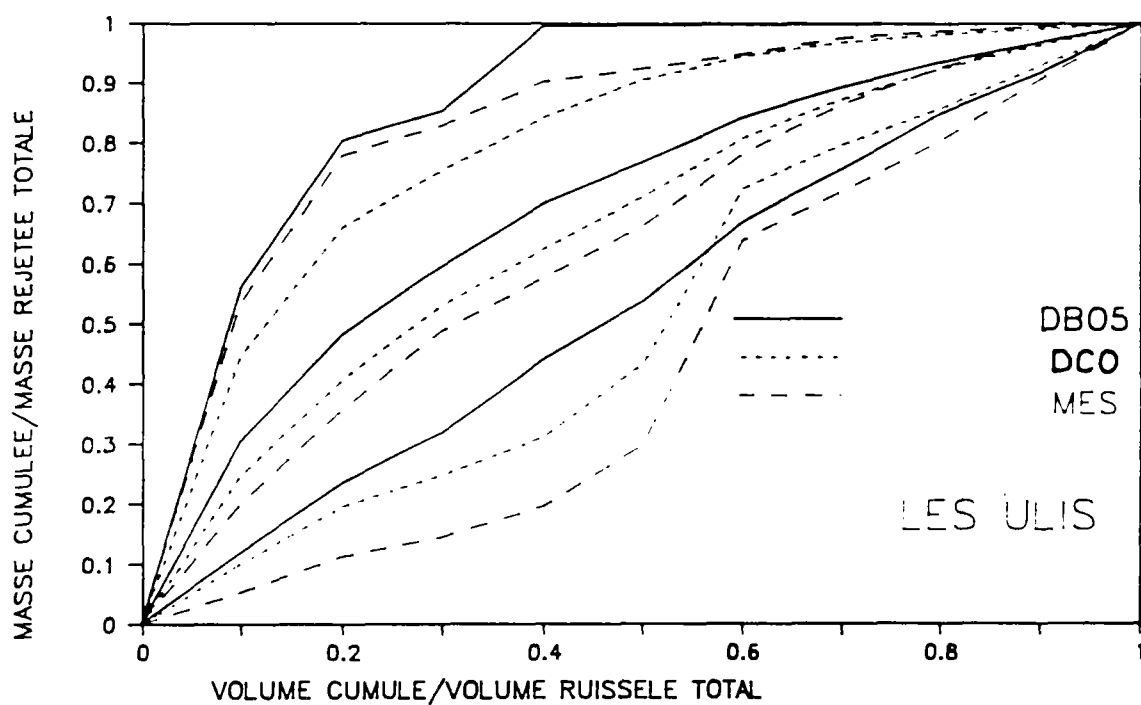
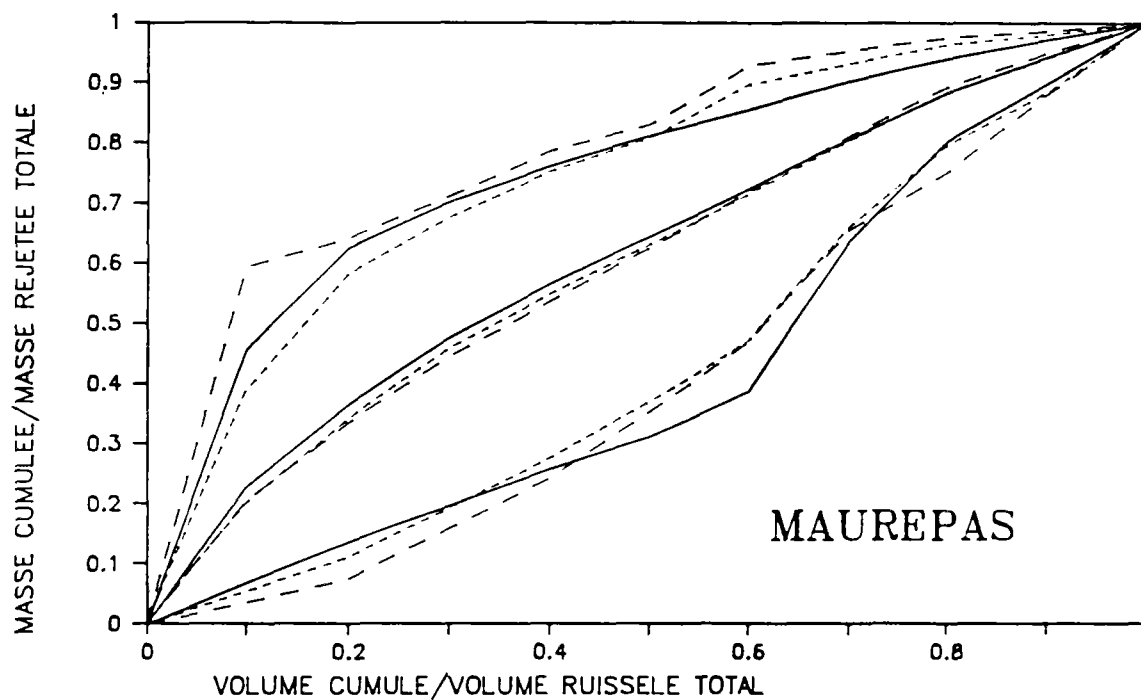
AIX NORD



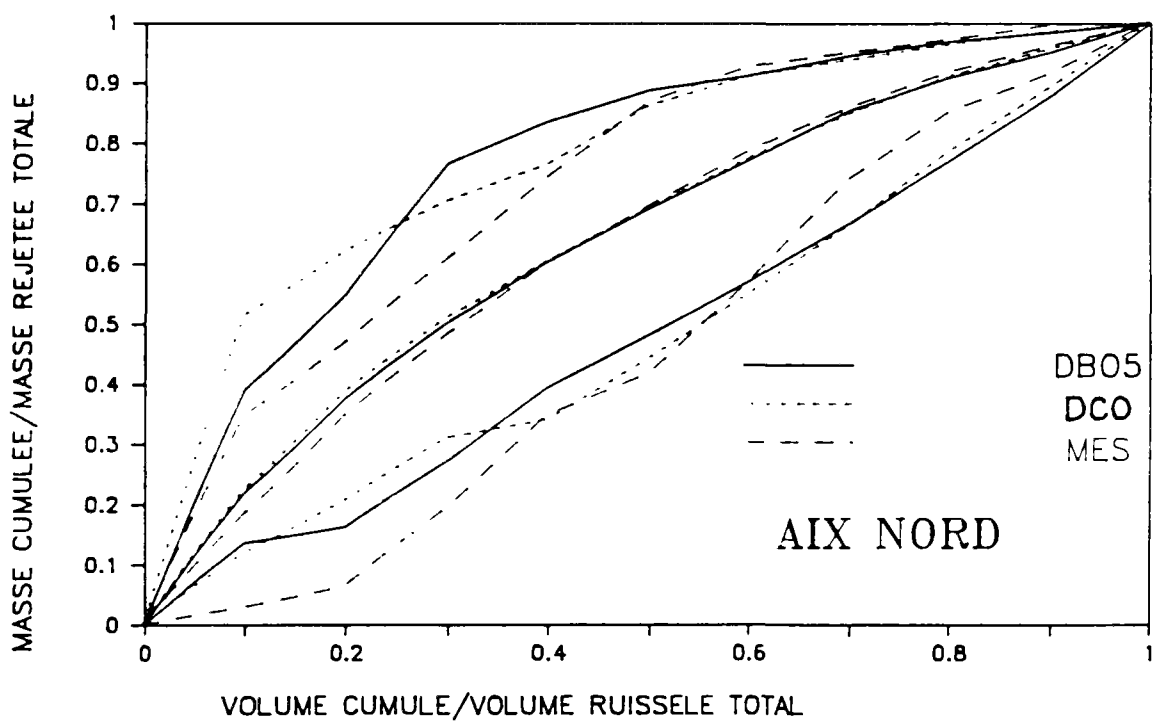
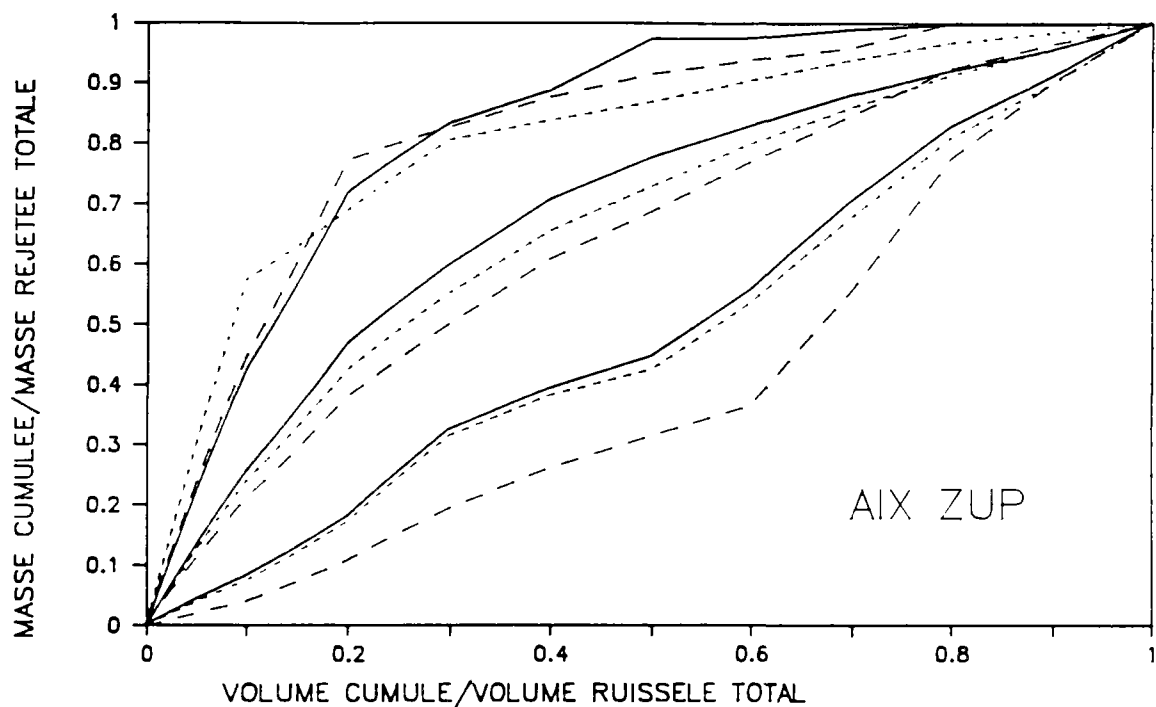
AIX ZUP



ENVELOPPES DES COURBES DE GEIGER

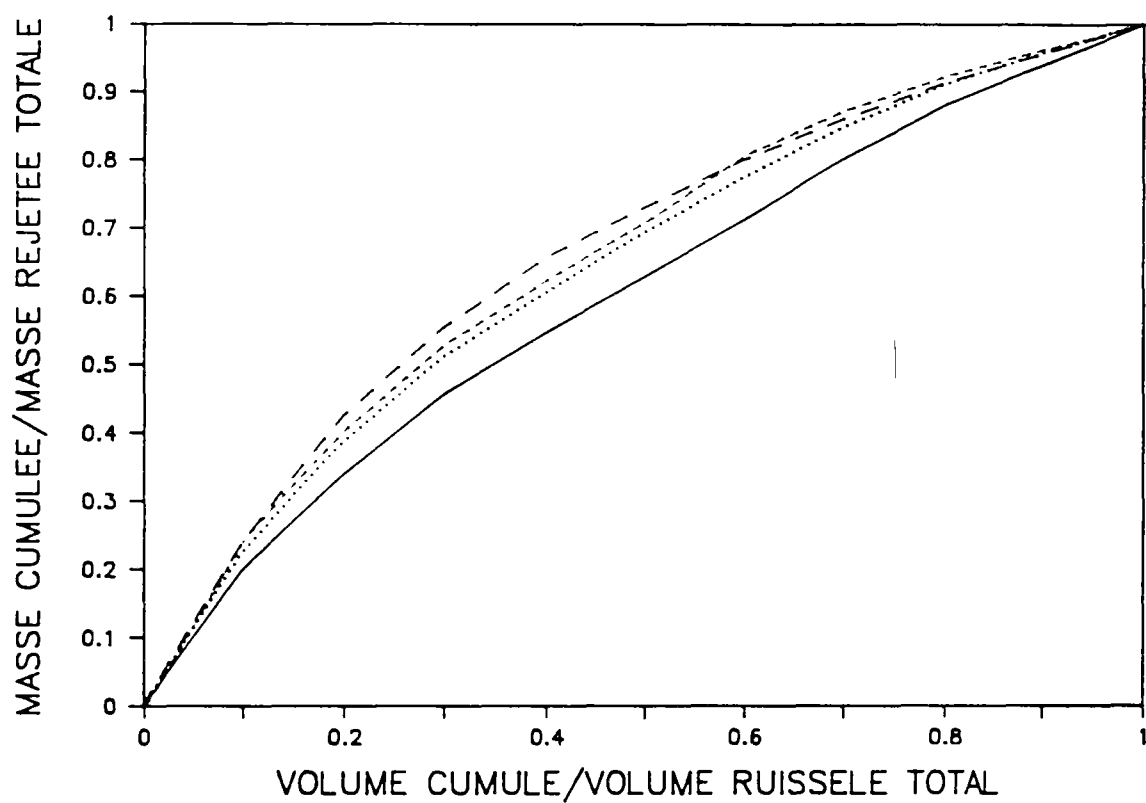


ENVELOPPES DES COURBES DE GEIGER



ENVELOPPES MOYENNES DES COURBES DES GEIGER

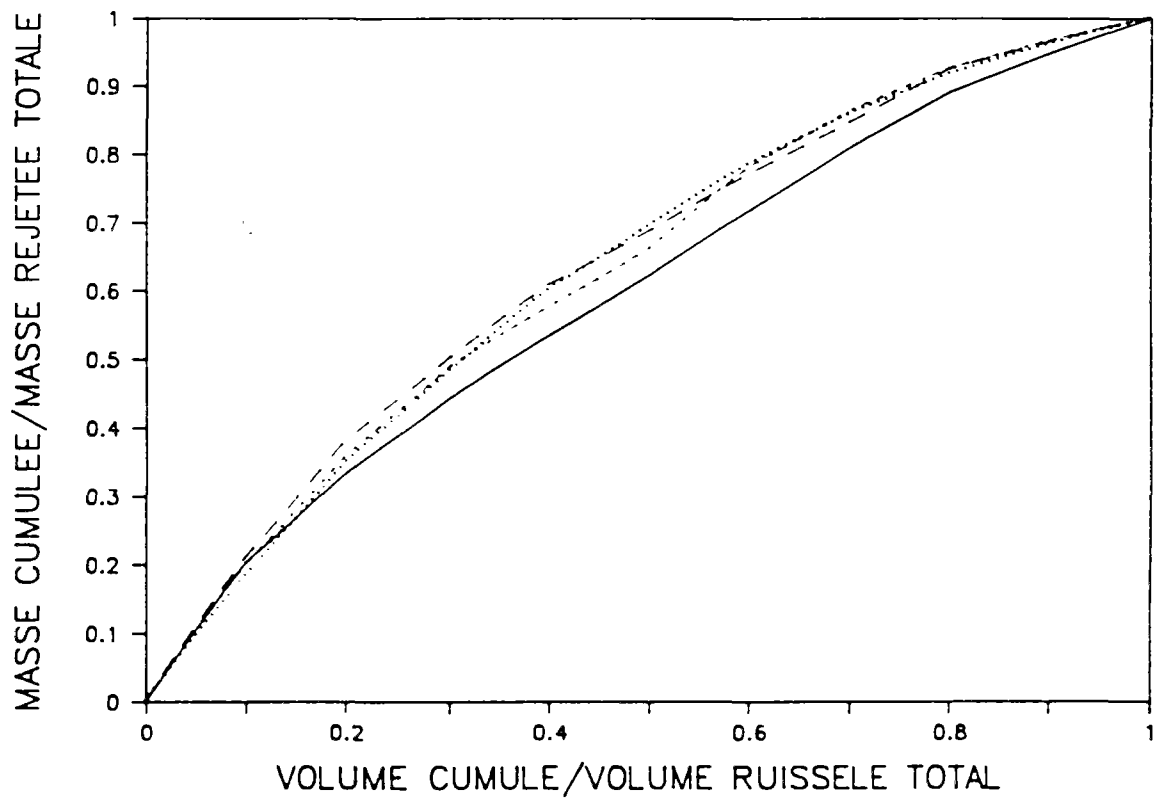
PARAMETRE DCO



— MAUREPAS
..... **LES ULIS**
- - - AIX ZUP
..... AIX NORD

ENVELOPPES MOYENNES DES COURBES DES GEIGER

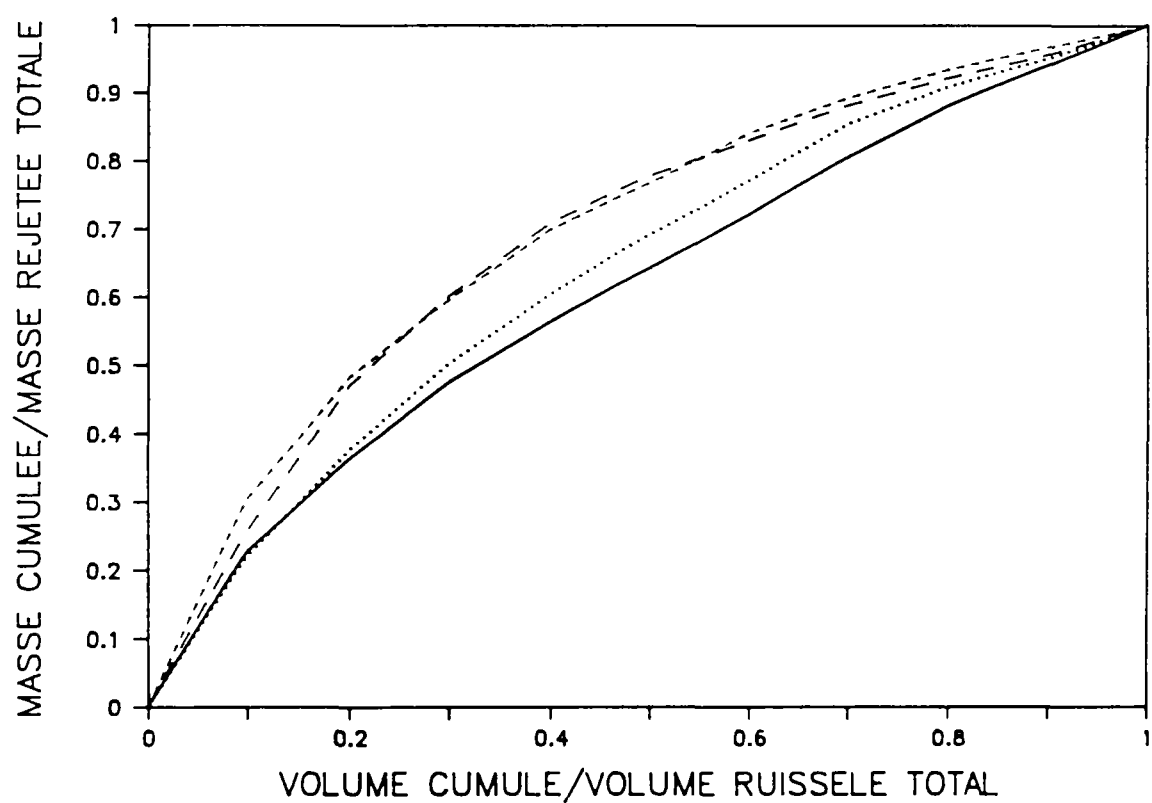
PARAMETRE MES



— MAUREPAS
... LES ULIS
- - - AIX ZUP
... AIX N°1

ENVELOPPES MOYENNES DES COURBES DES GEIGER

PARAMETRE DB05



— MAUREPAS
... LES ULIS
- - - AIX ZUP
- . . . AIX NOÛL

ANNEXE C4

DIMENSIONNEMENT ET EFFICACITE DES OUVRAGES DE POLLUTION DES EAUX PLUVIALES PAR STOCKAGE-DECANTATION

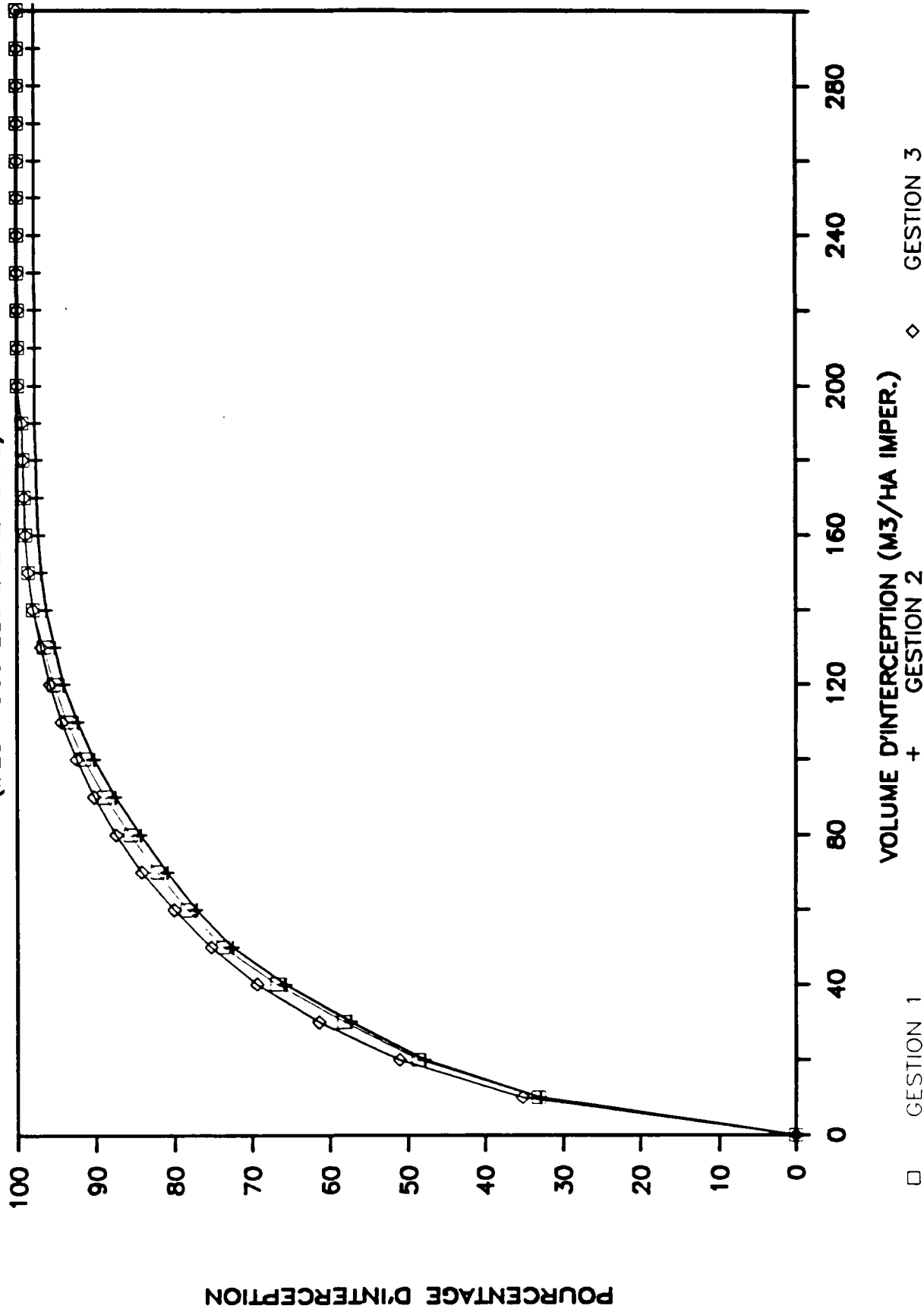
- C 4.1. Efficacité des capacités de stockage dans l'interception des masses polluantes (en MES, DCO et DBO₅) produites sur une longue période**
- C 4.2. Efficacité des capacités de stockage dans l'interception des 5 événements les plus pollués sur chacun des 4 sites étudiés**
- C 4.3. Efficacité des capacités de stockage dans la diminution du nombre des rejets vers le milieu récepteur**
- C 4.4. Vitesse de décantation théorique des Matières En Suspension des rejets pluviaux urbains dans des bassins de stockage de différentes profondeurs**

ANNEXES C 4.1

**Efficacité des capacités de stockage dans l'interception des masses polluantes (en MES, DCO et DBO₅)
produites sur une longue période**

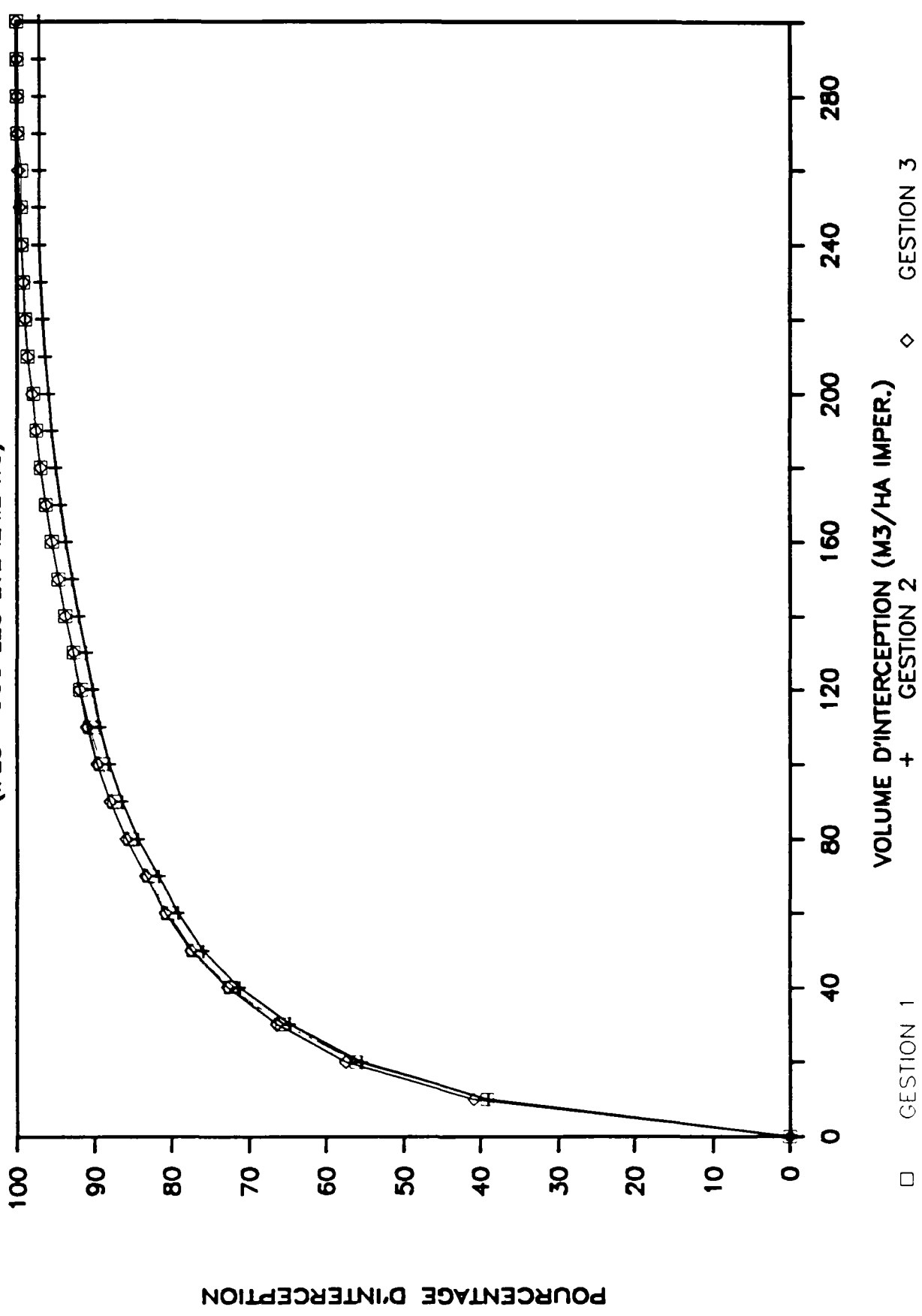
INTERCEPTION DES MASSES - AIX NORD

(MES - TOUS LES EVENEMENTS)



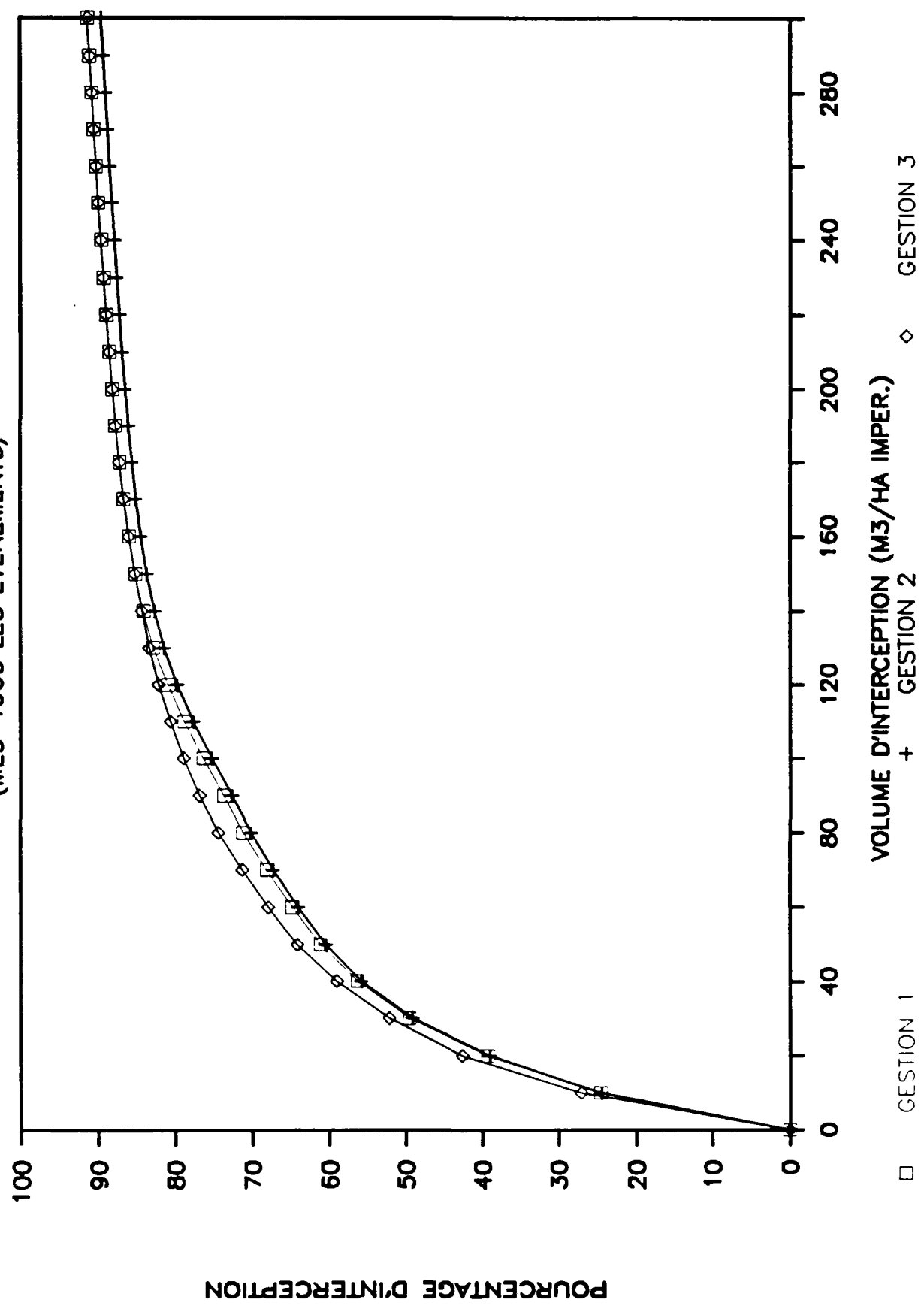
INTERCEPTION DES MASSES-AIX ZUP

(MES-TOUS LES EVENEMENTS)



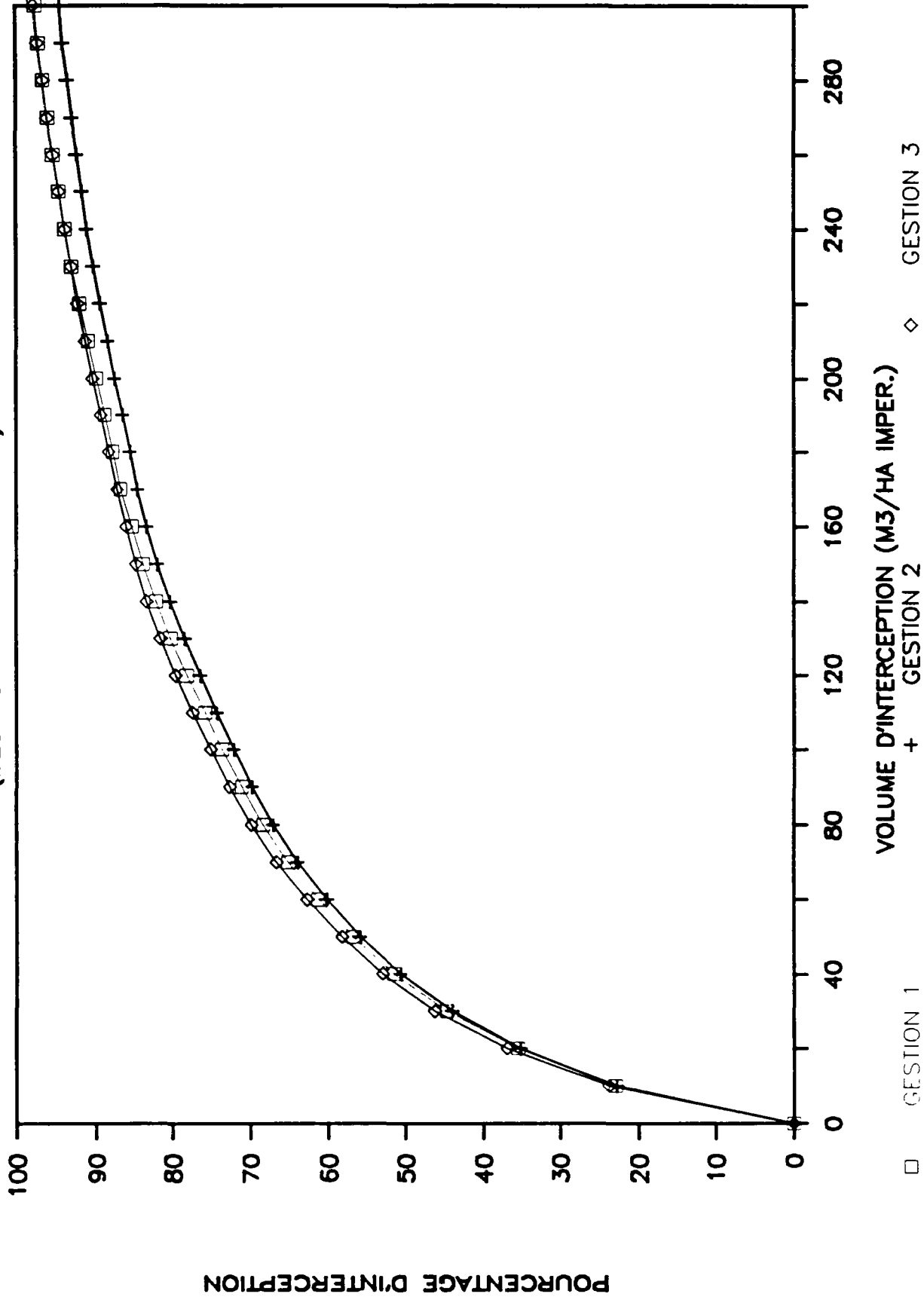
INTERCEPTION DES MASSES-LES ULIS

(MES-TOUS LES EVENEMENTS)



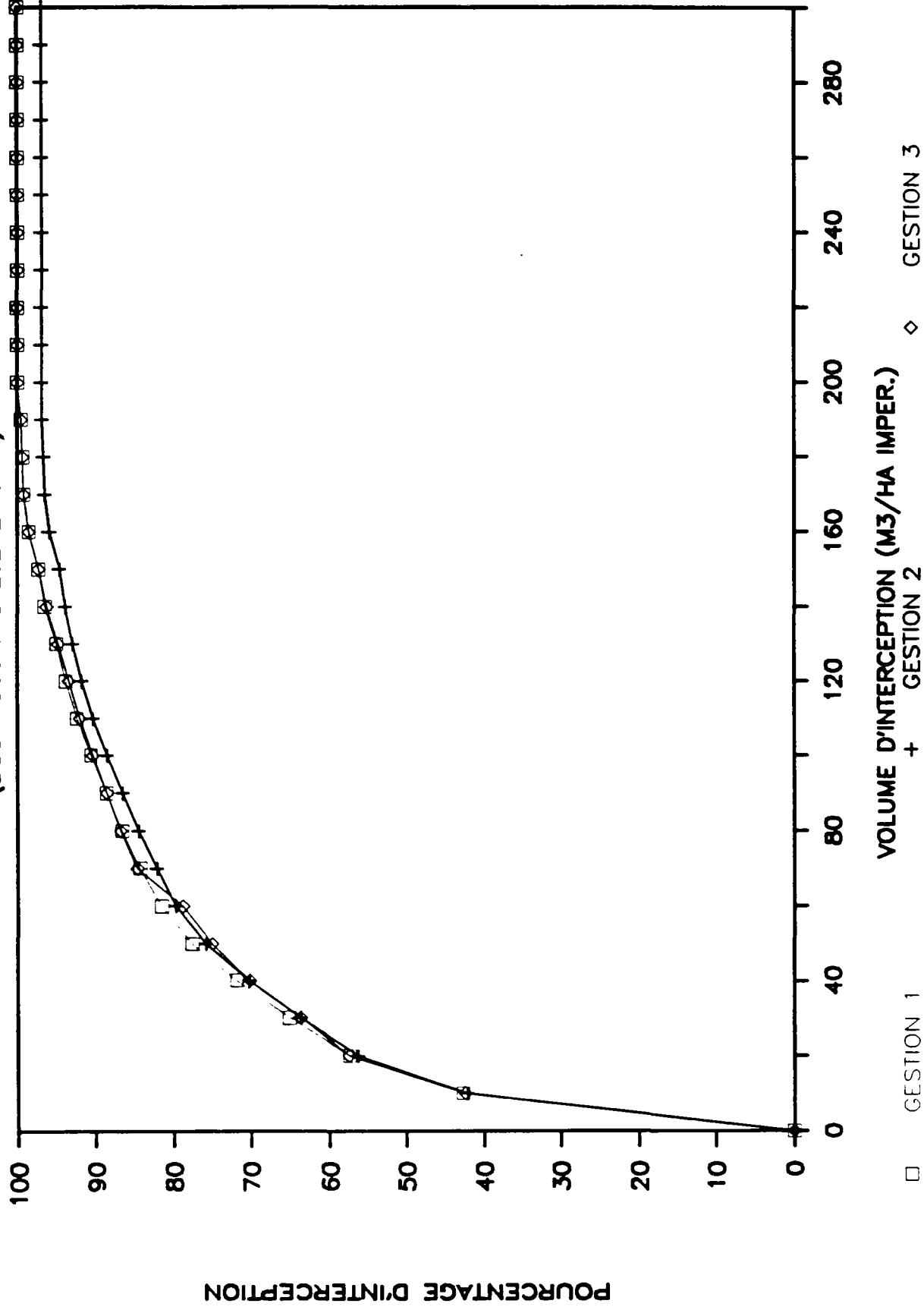
INTERCEPTION DES MASSES-MAUREPAS

(MES-TOUS LES EVENEMENTS)



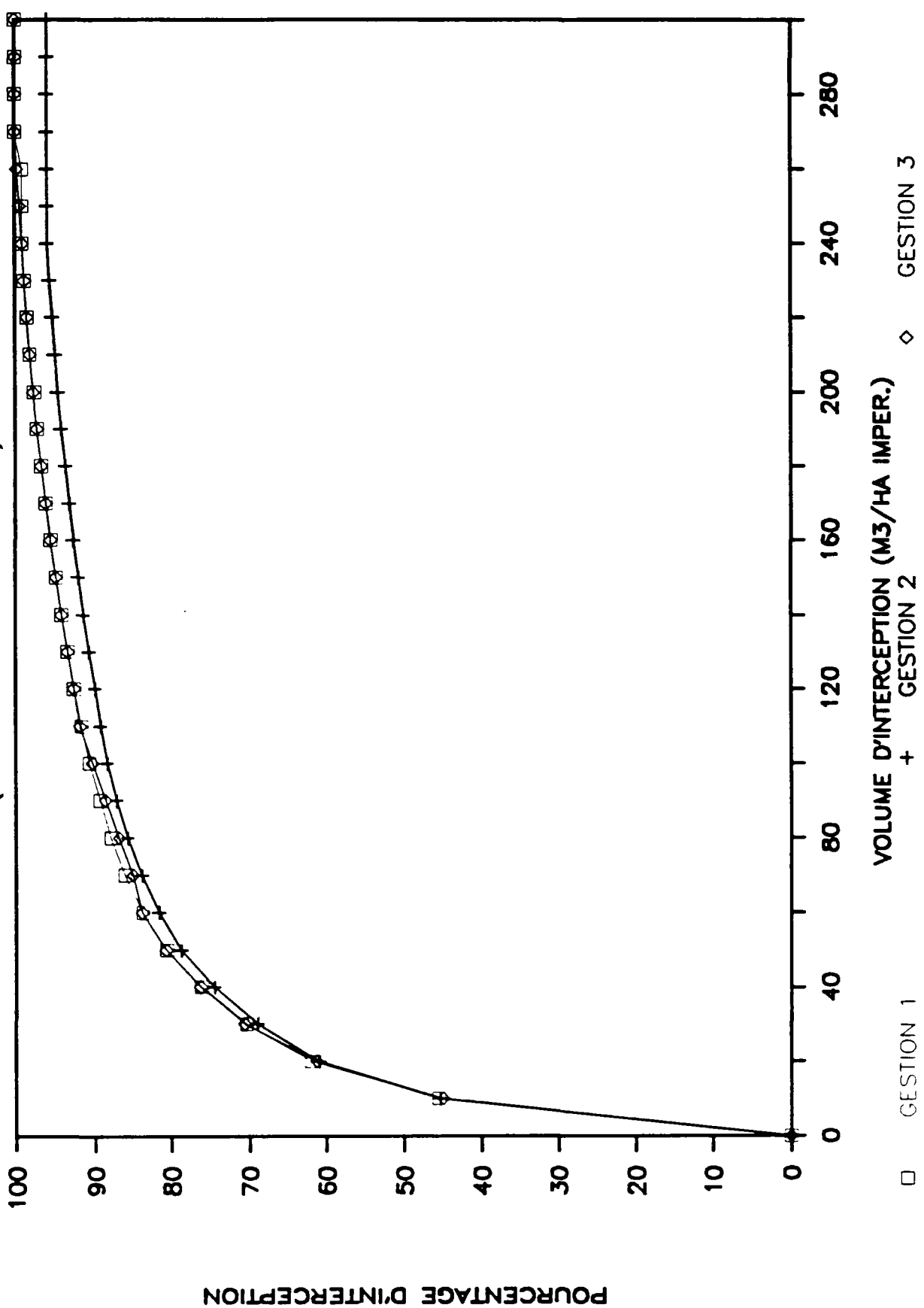
INTERCEPTION DES MASSES-AIX NORD

(DCO-TOUTS LES EVENEMENTS)



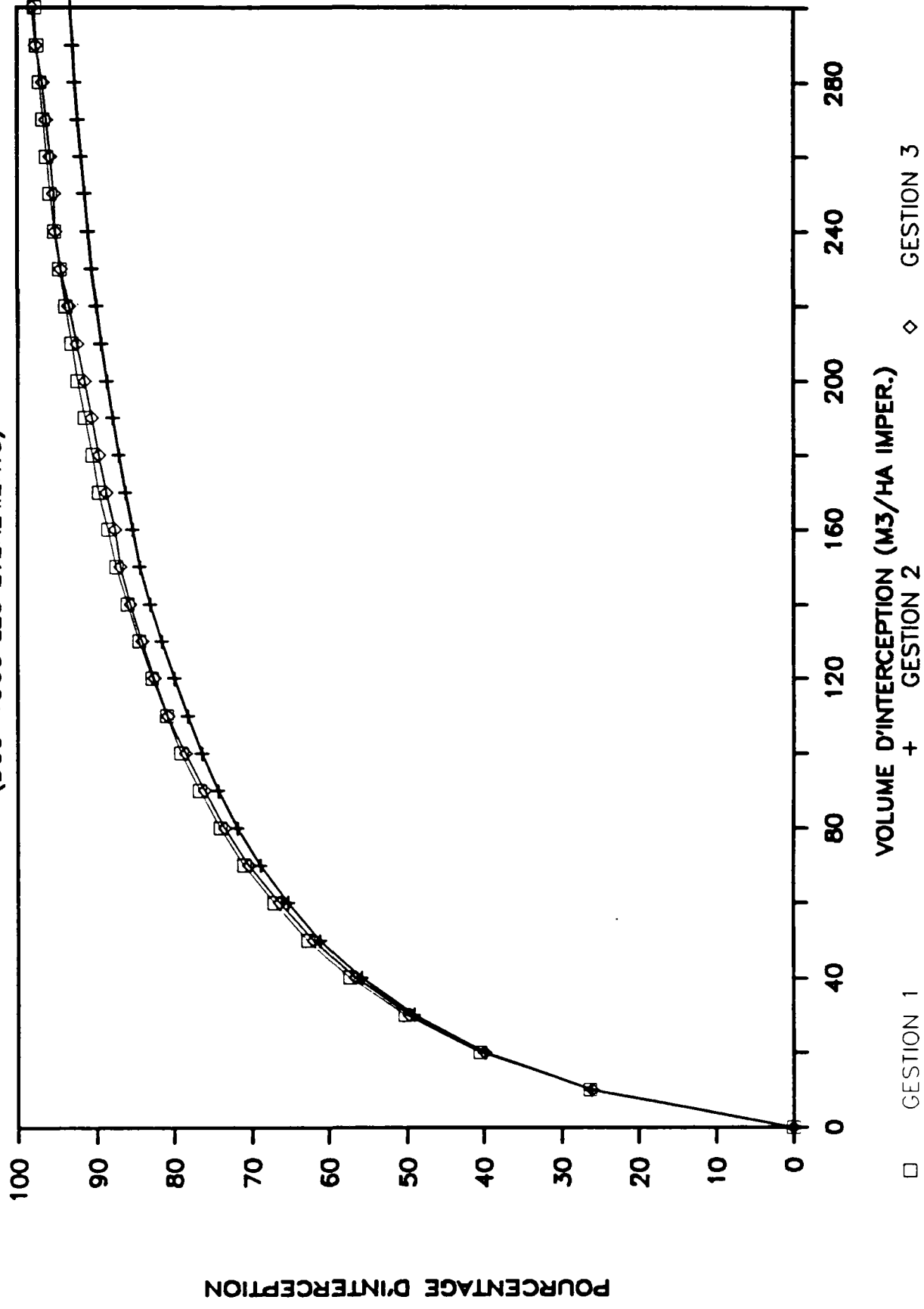
INTERCEPTION DES MASSES-AIX ZUP

(DCO-TOUS LES EVENEMENTS)



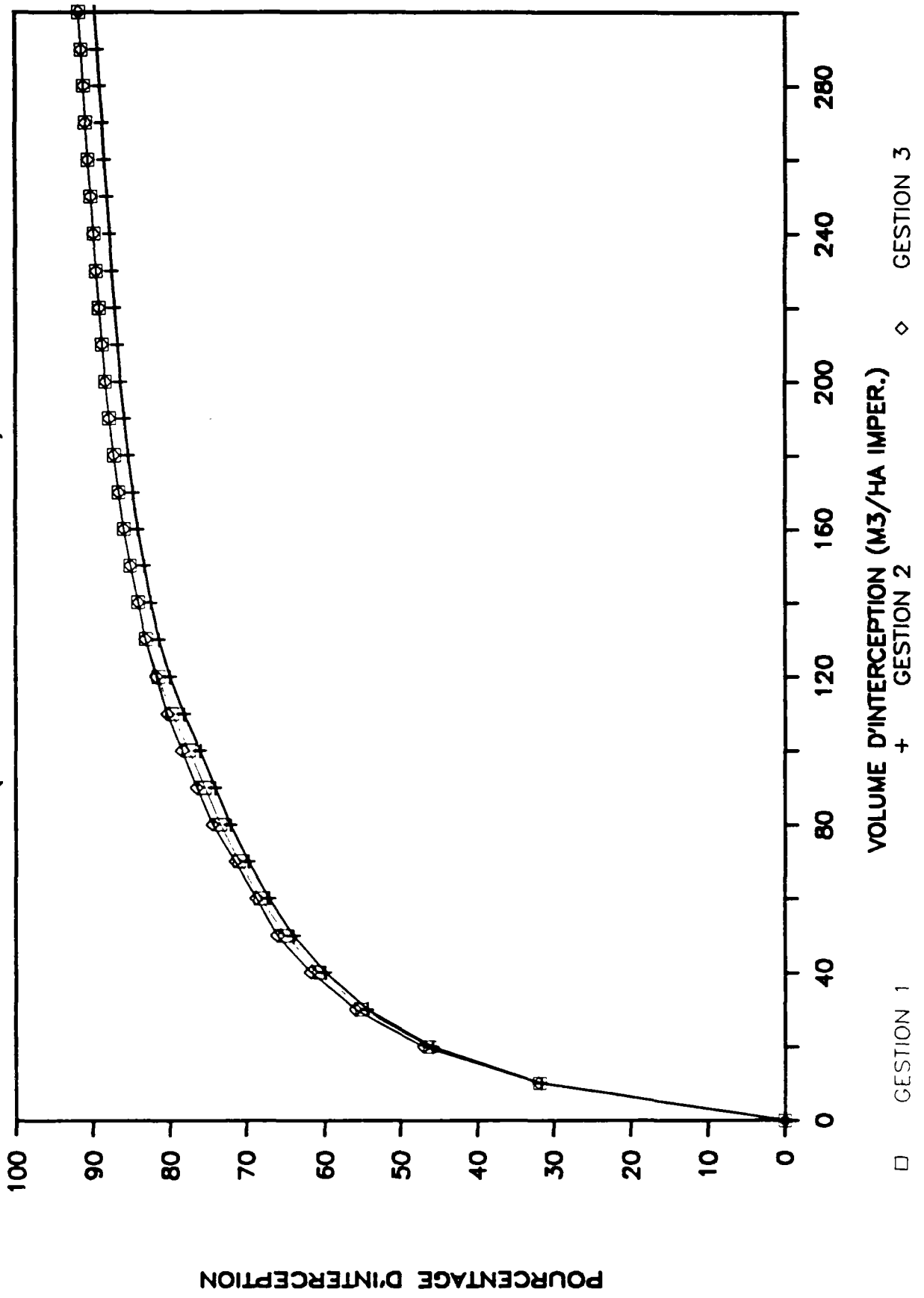
INTERCEPTION DES MASSES-MAUREPAS

(DCO--TOUS LES EVENEMENTS)

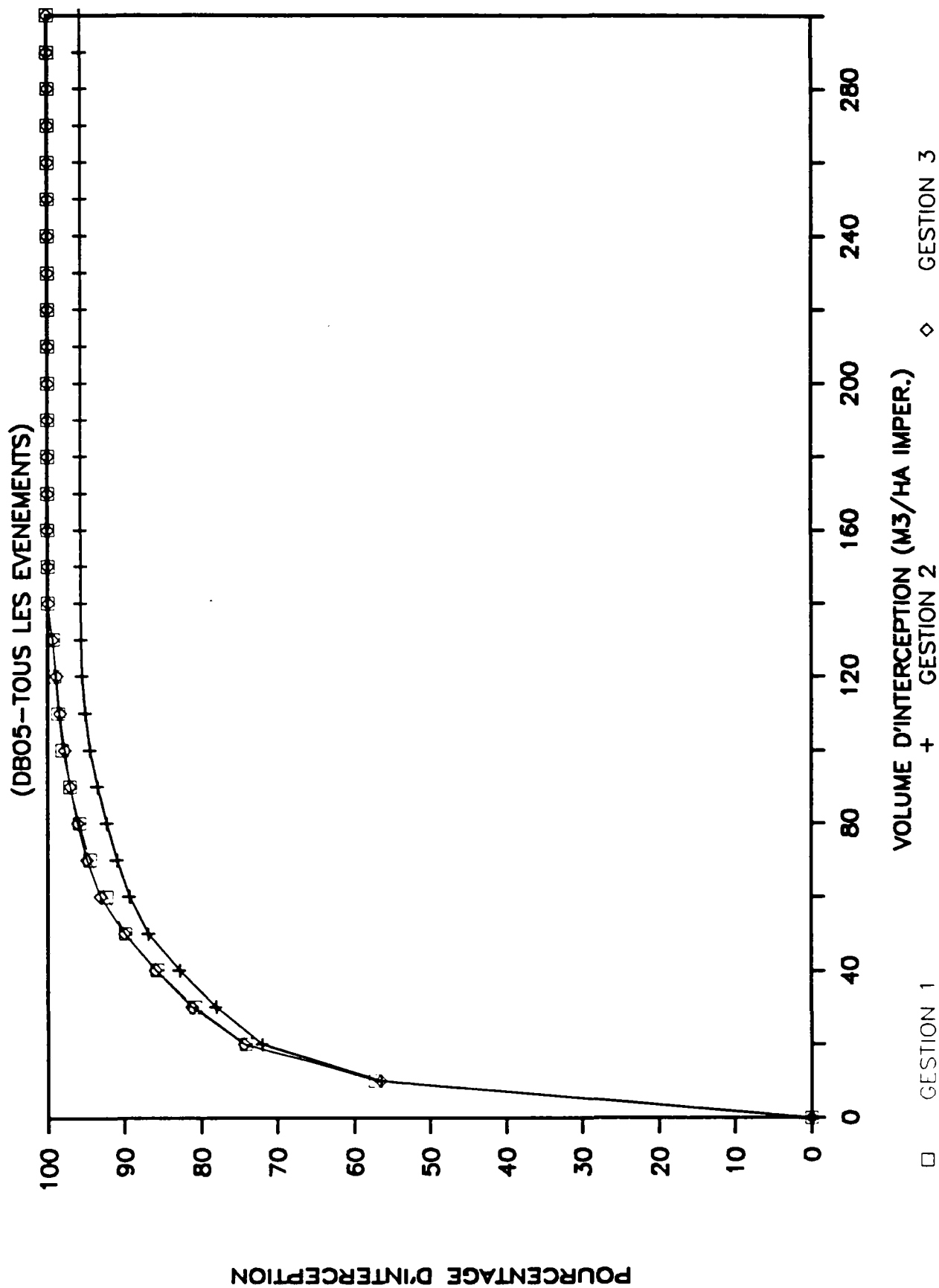


INTERCEPTION DES MASSES-LES ULIS

(DCO-TOUS LES EVENEMENTS)

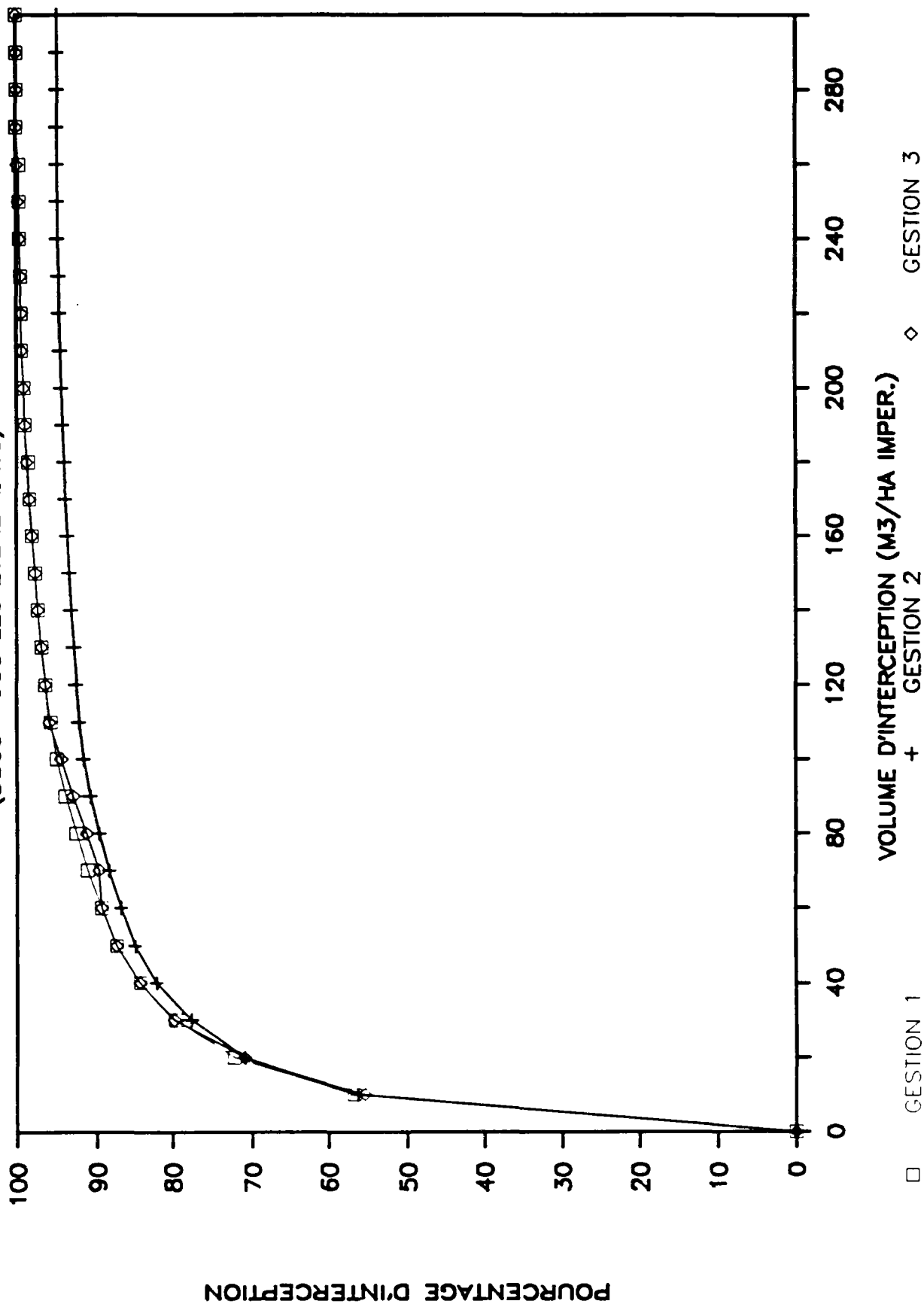


INTERCEPTION DES MASSES--AIX NORD



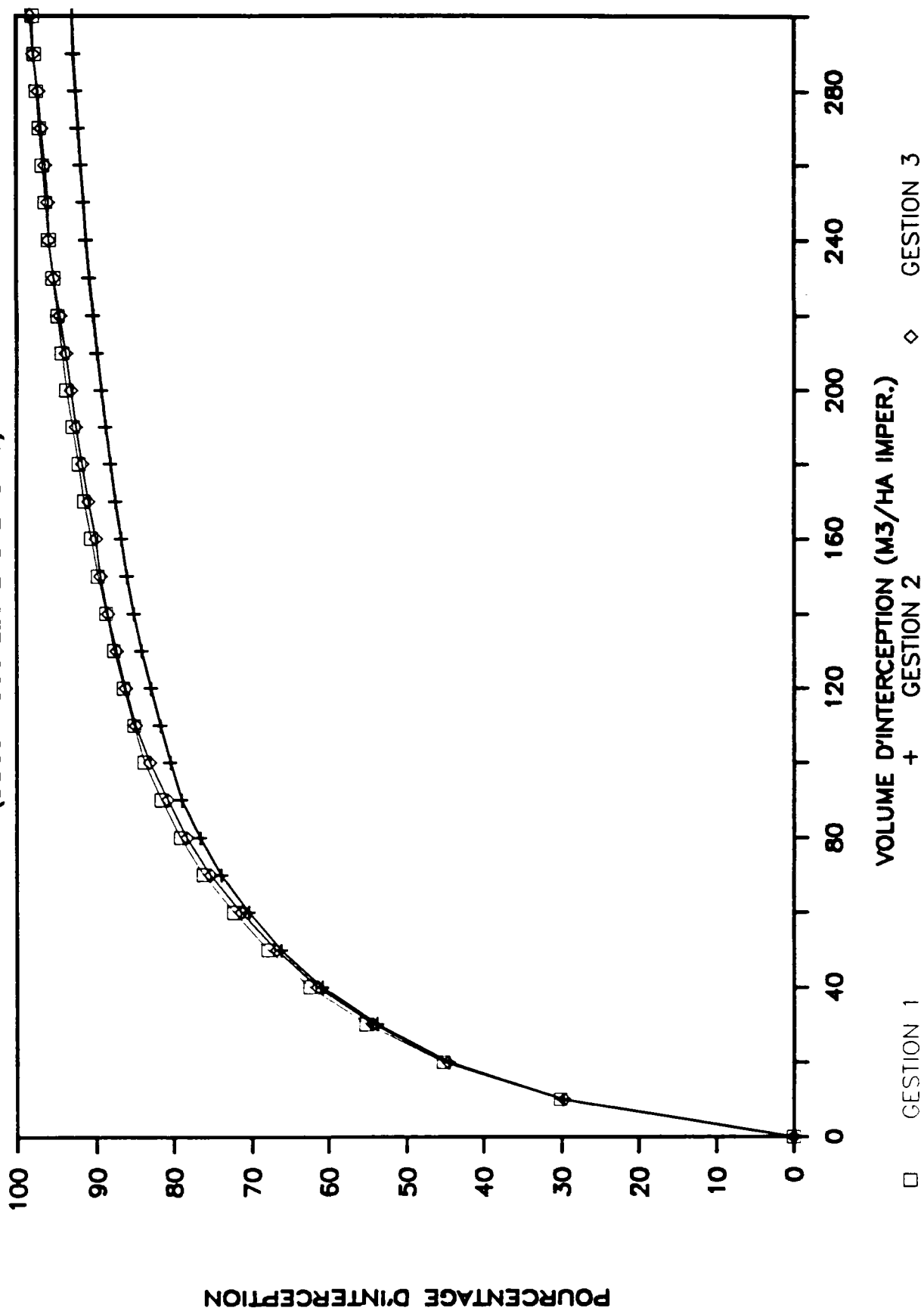
INTERCEPTION DES MASSES-AIX ZUP

(DB05-TOUS LES EVENEMENTS)



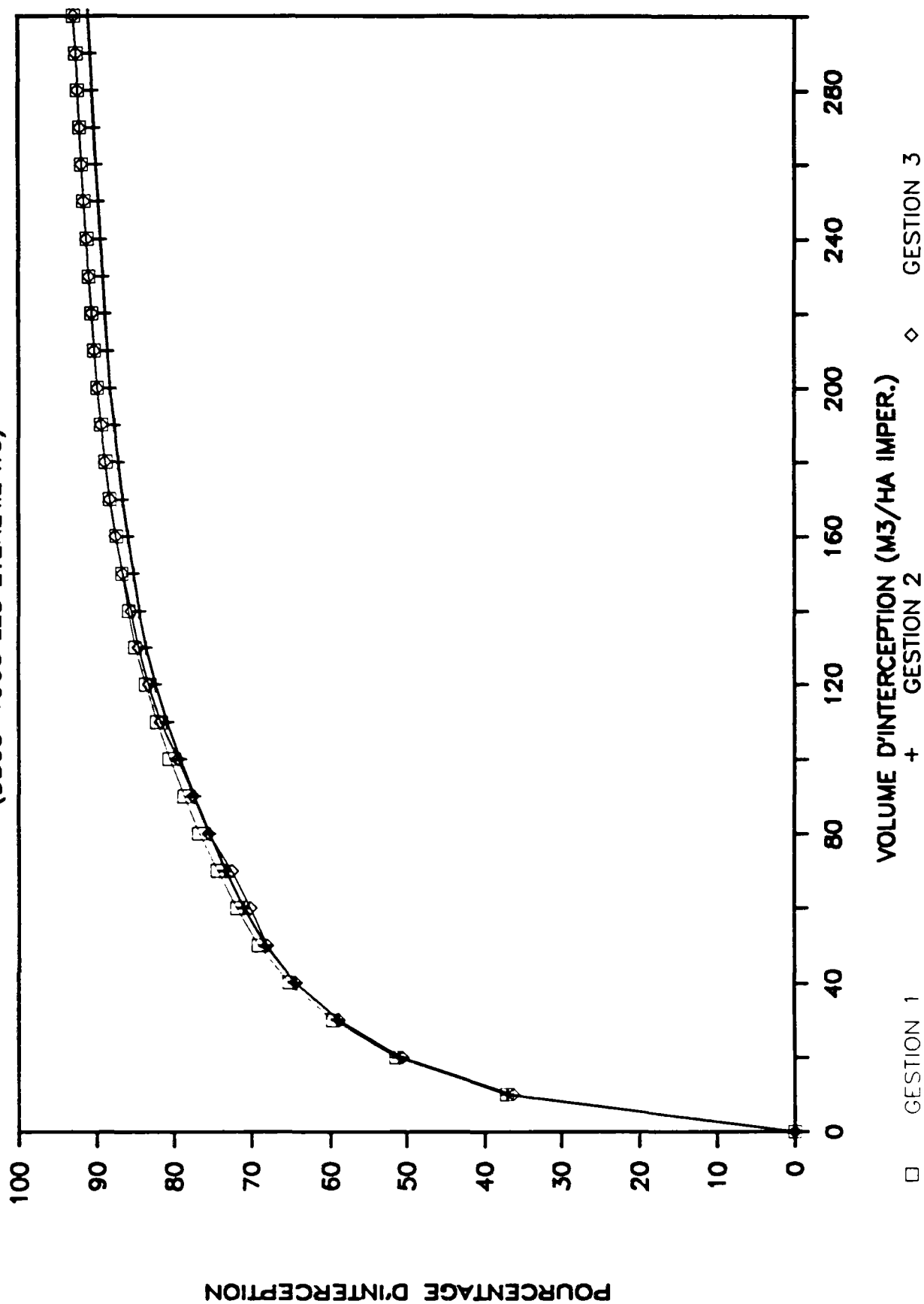
INTERCEPTION DES MASSES-MAUREPAS

(DB05--TOUS LES EVENEMENTS)



INTERCEPTION DES MASSES-LES ULIS

(DB05--TOUS LES EVENEMENTS)



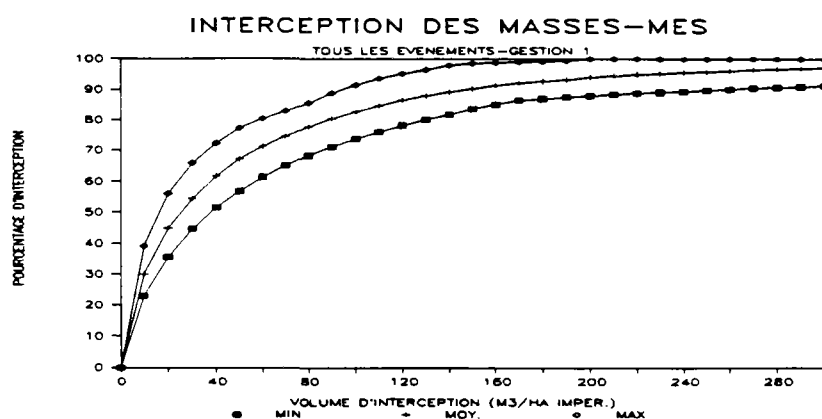


Figure : Interception des masses de MES rejetées sur une longue période
(Règle de gestion n° 1)

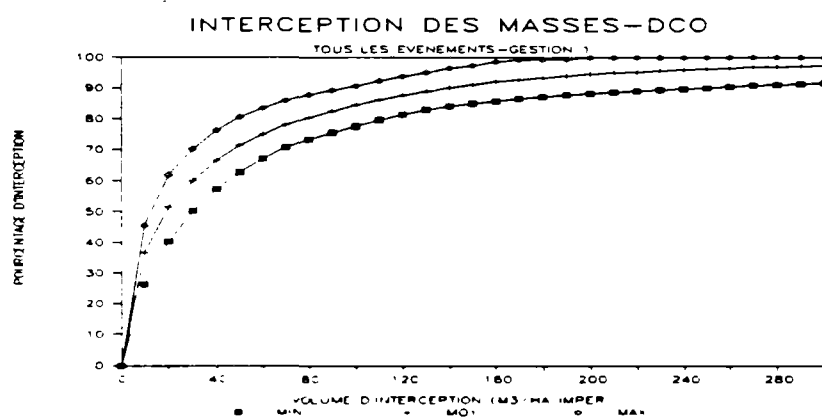


Figure : Interception des masses de DCO rejetées sur une longue période
(Règle de gestion n° 1)

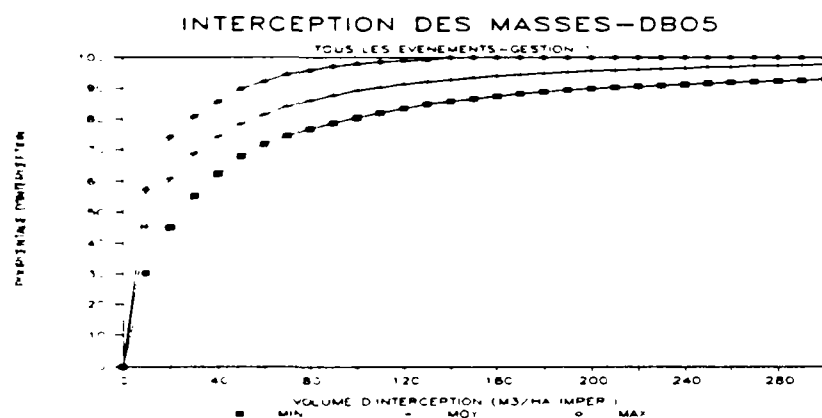
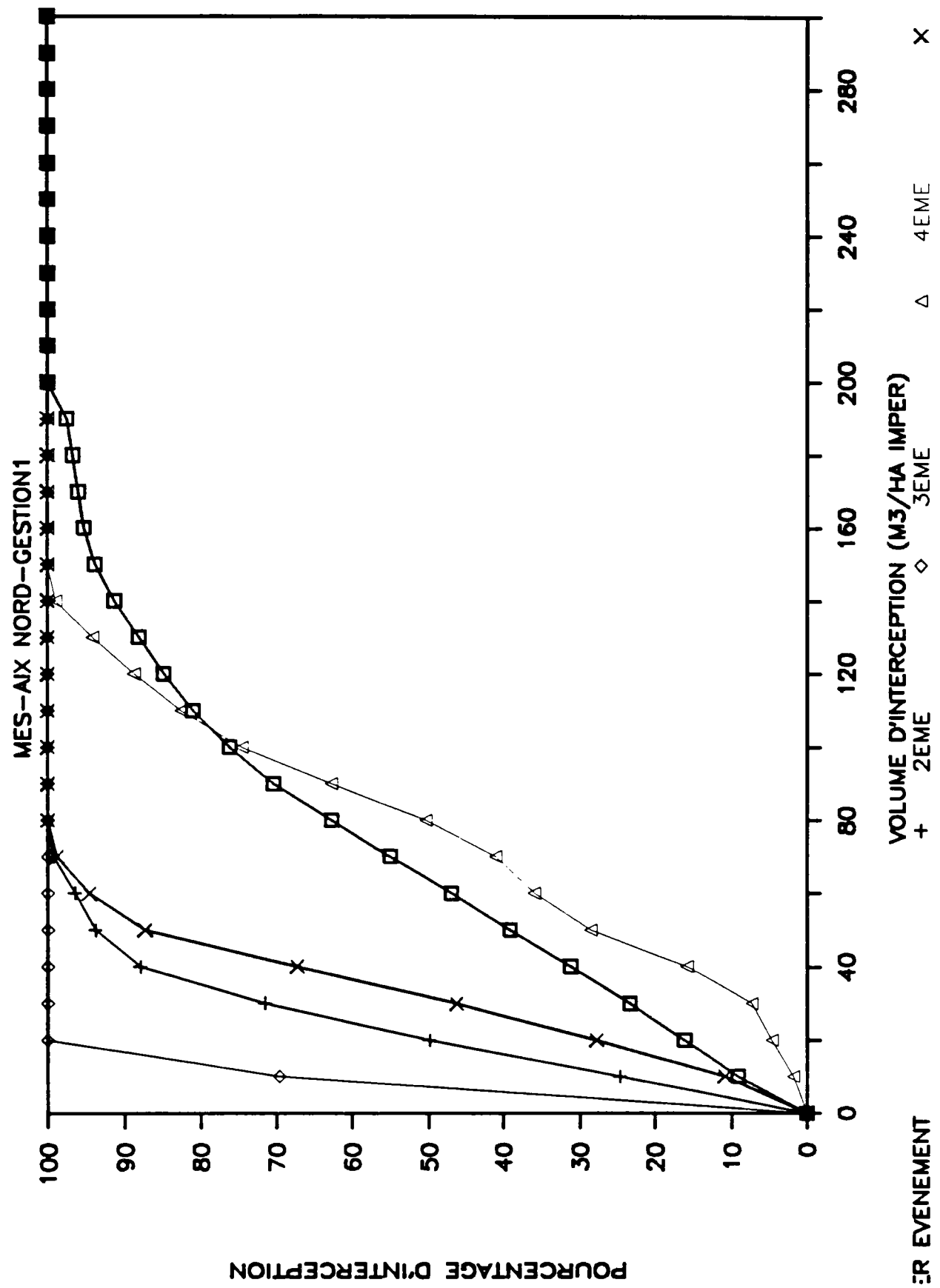


Figure : Interception des masses de DBO₅ rejetées sur une longue période
(Règle de gestion n° 1)

ANNEXES C 4.2

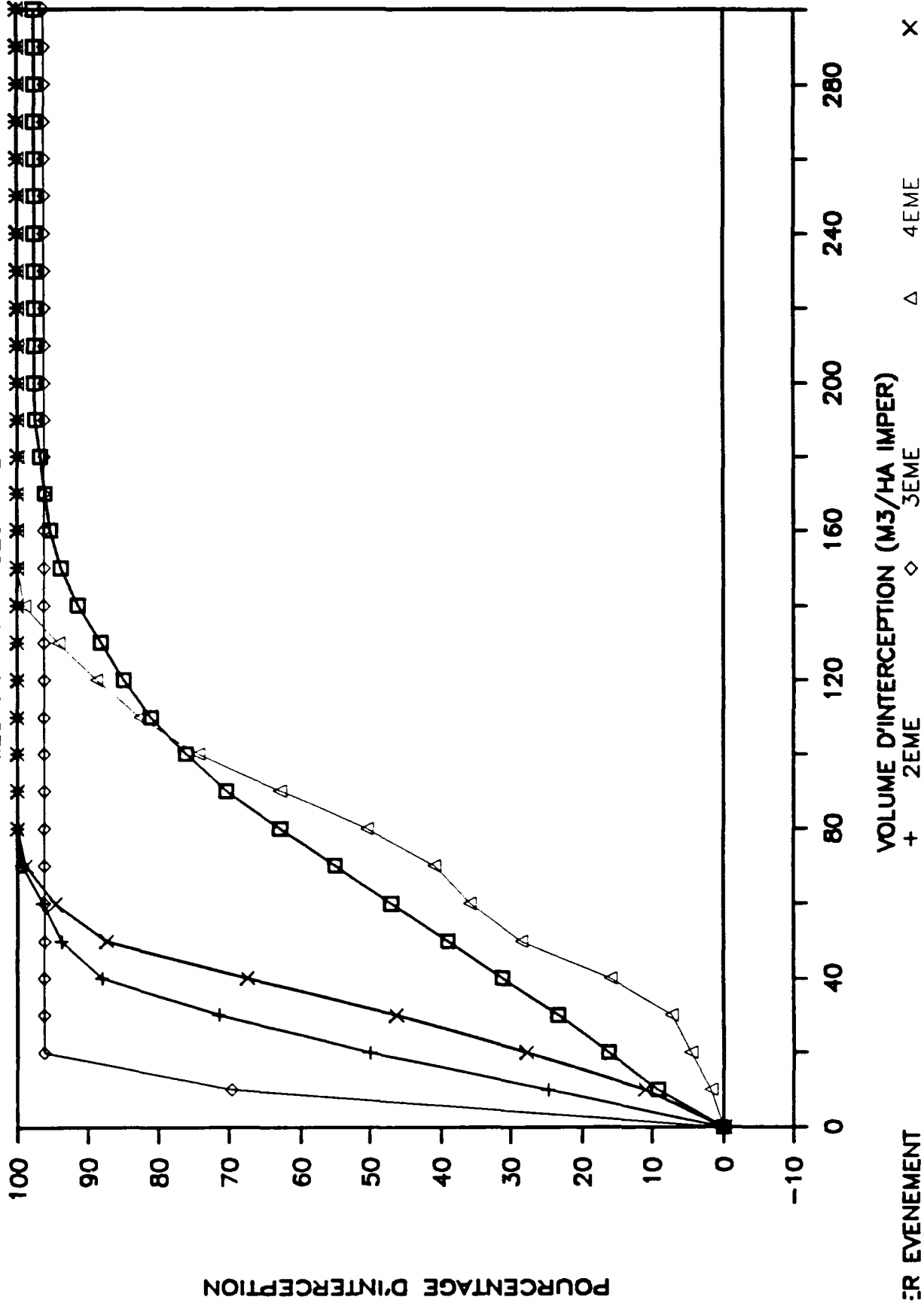
**Efficacité des capacités de stockage dans l'interception des 5 événements les plus pollués sur chacun des
4 sites étudiés**

INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

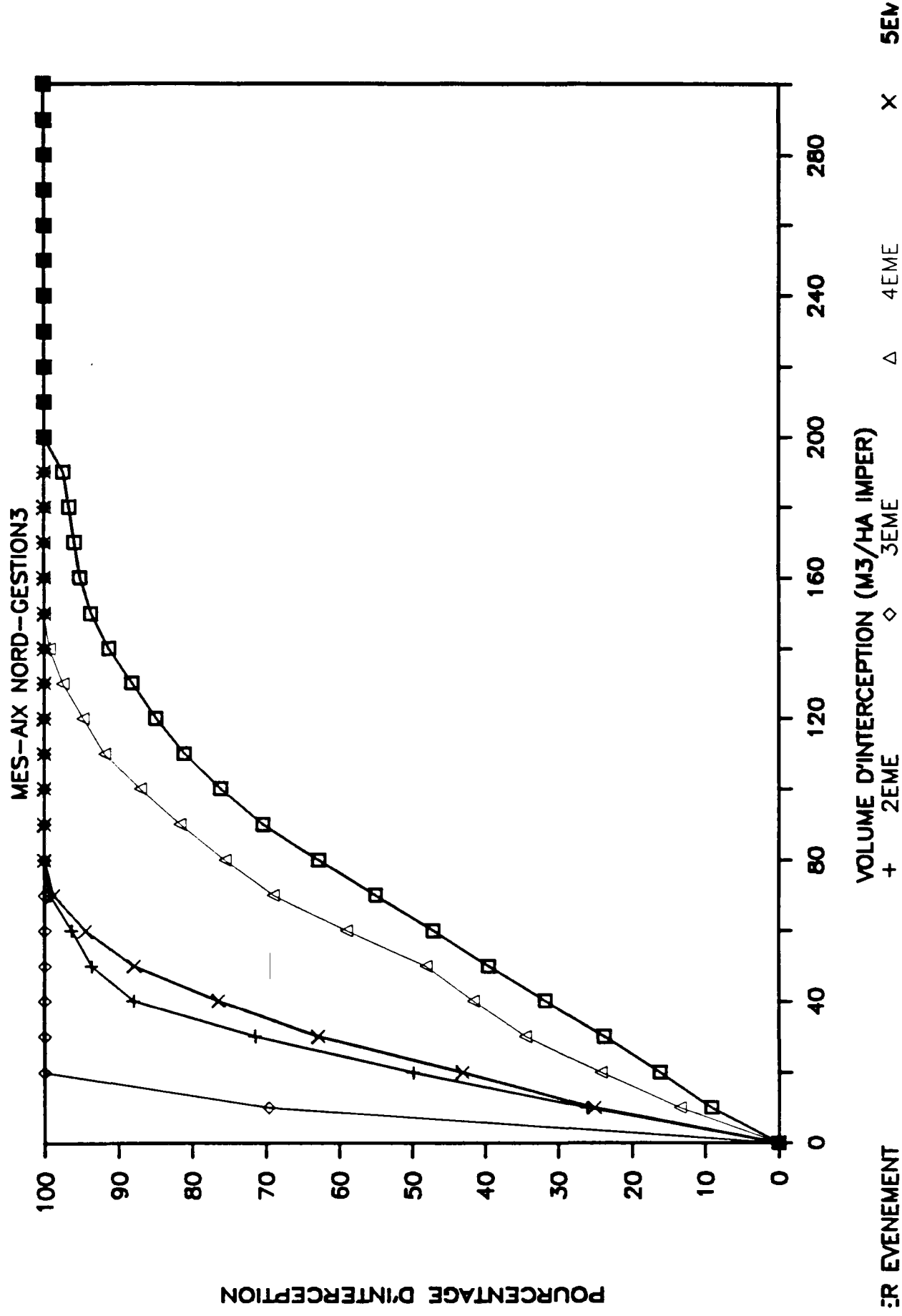


INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

MES-AIX NORD-GESTION2

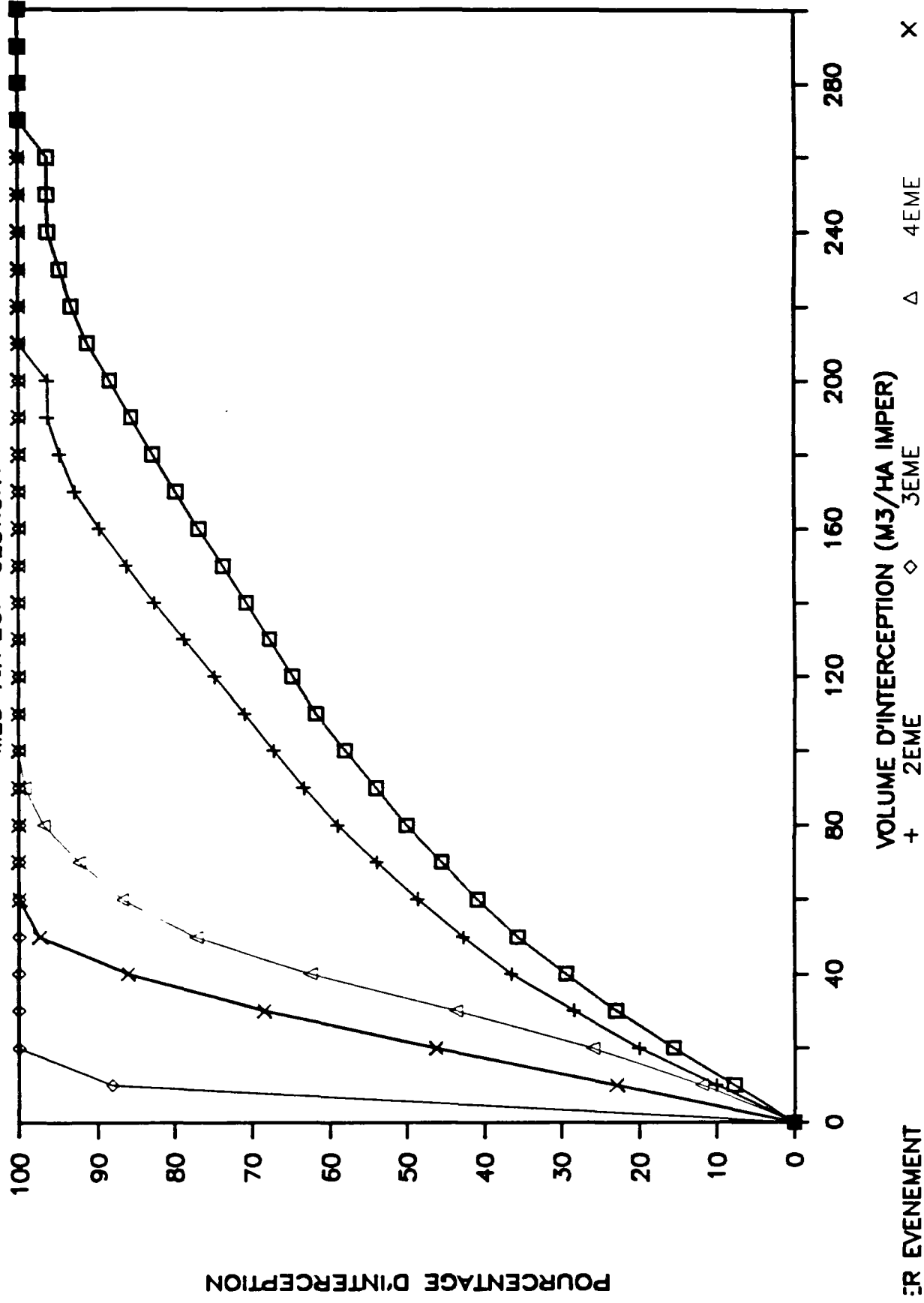


INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES



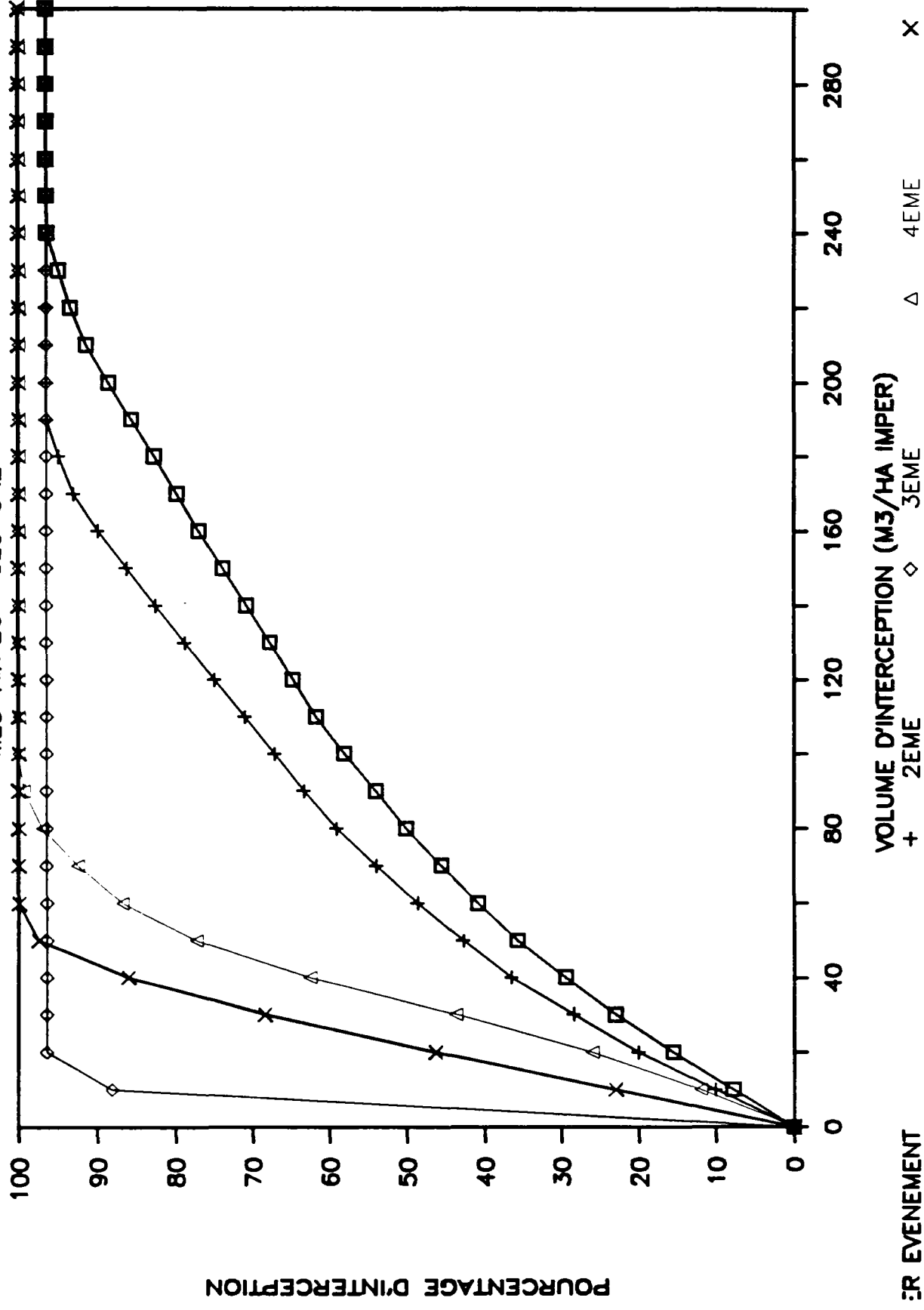
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

MES-AIX ZUP-GESTION1



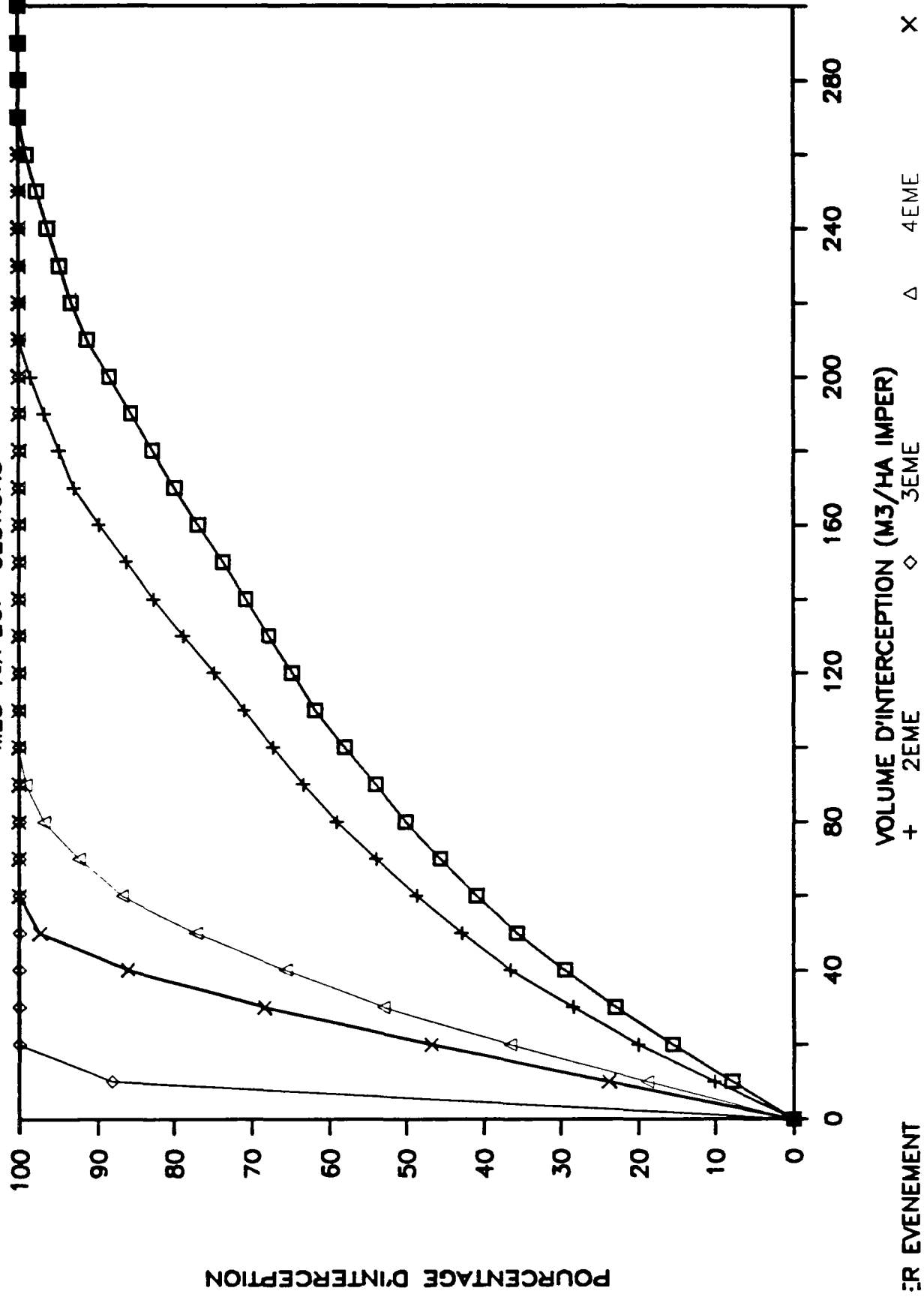
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

MES-AIX ZUP-GESTION2

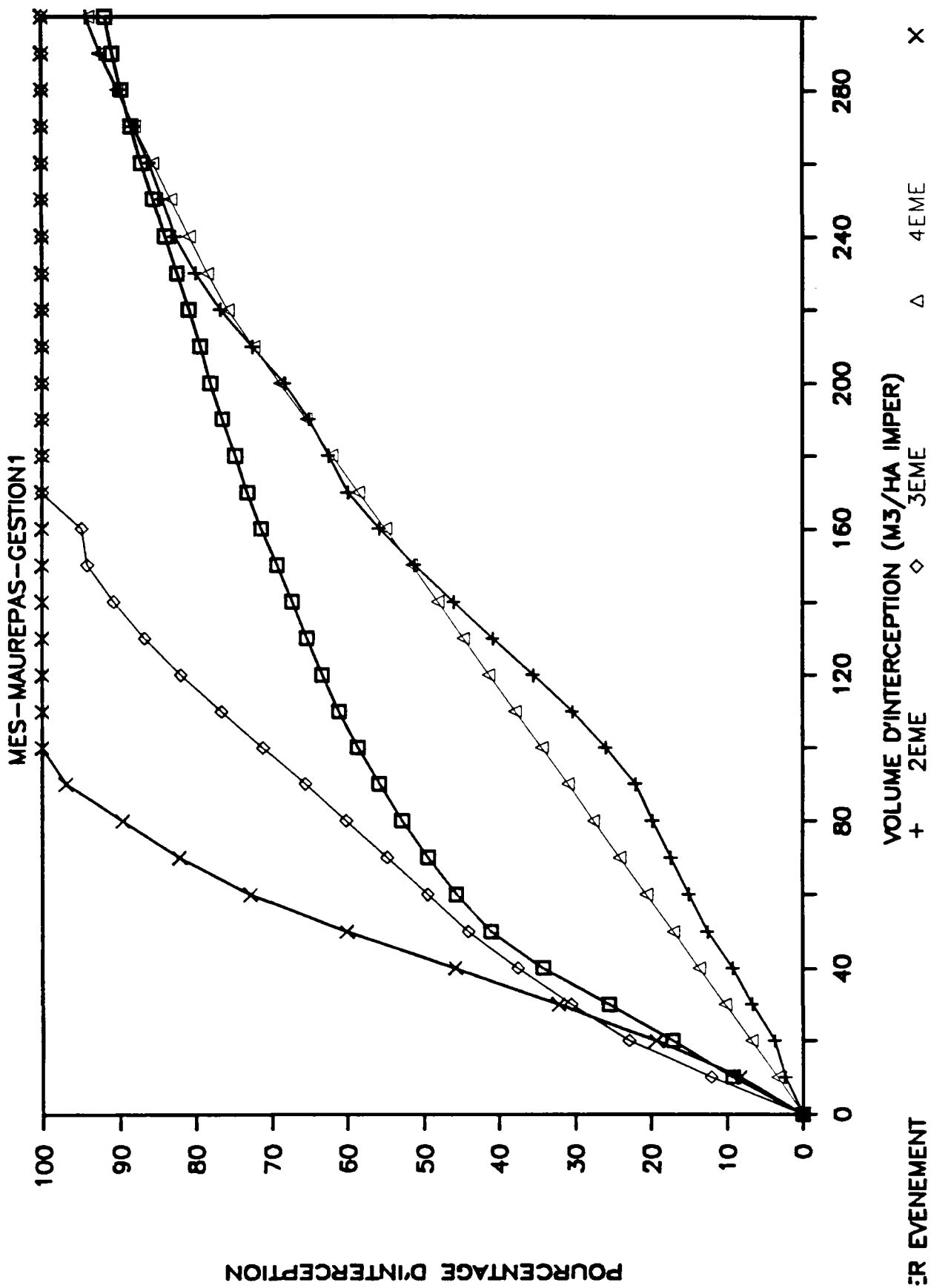


INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

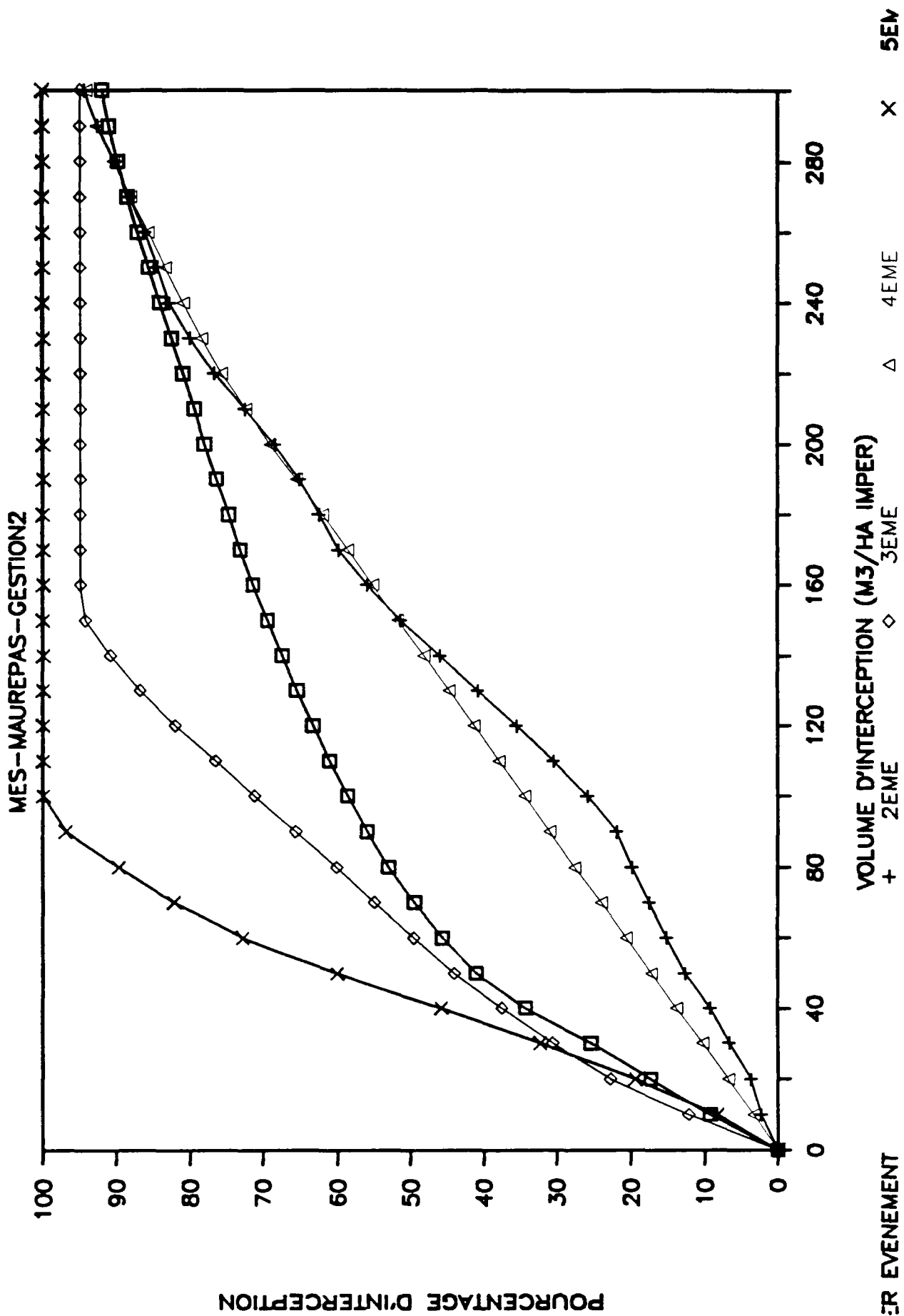
MES-AIX ZUP-GESTION3



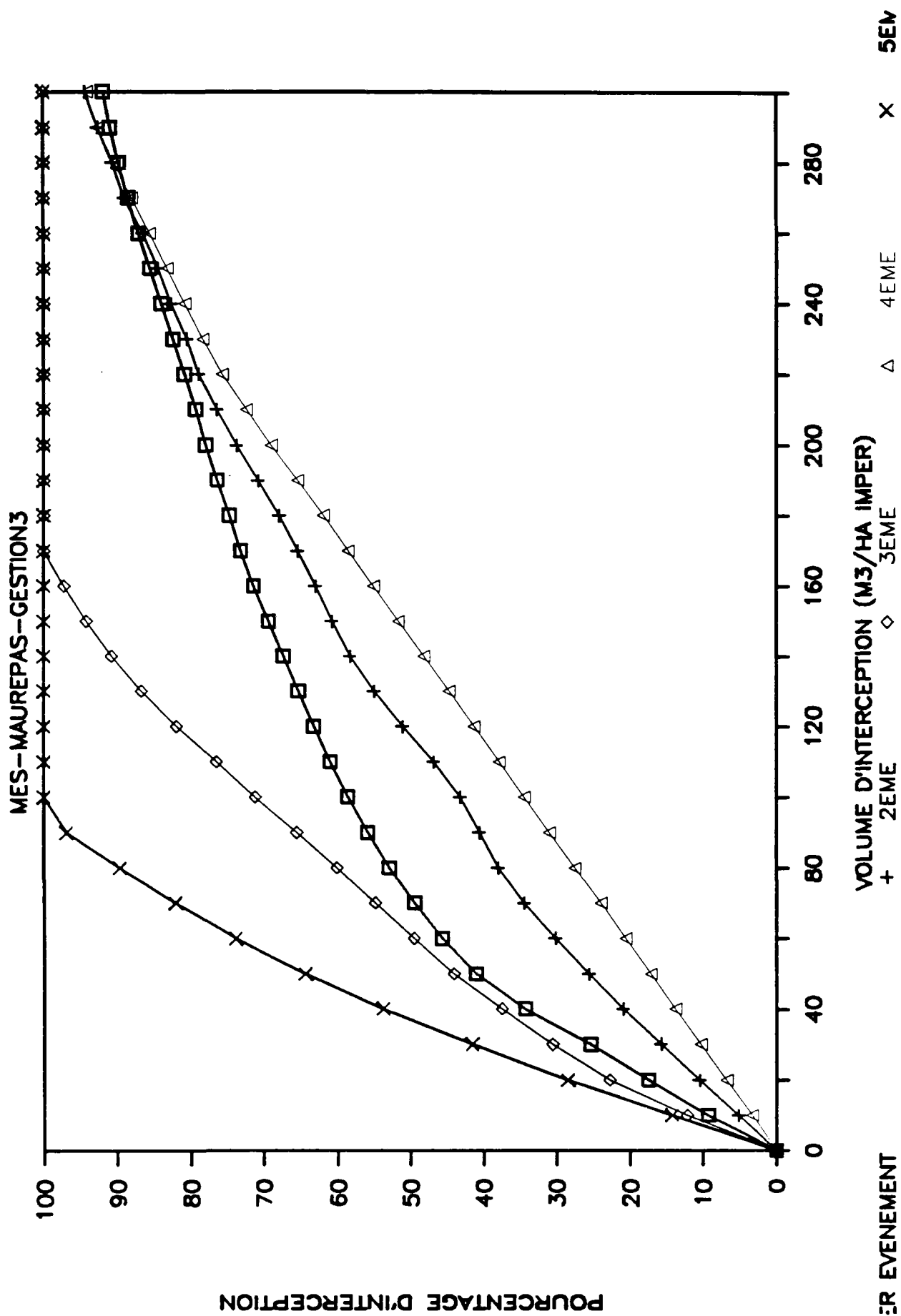
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES



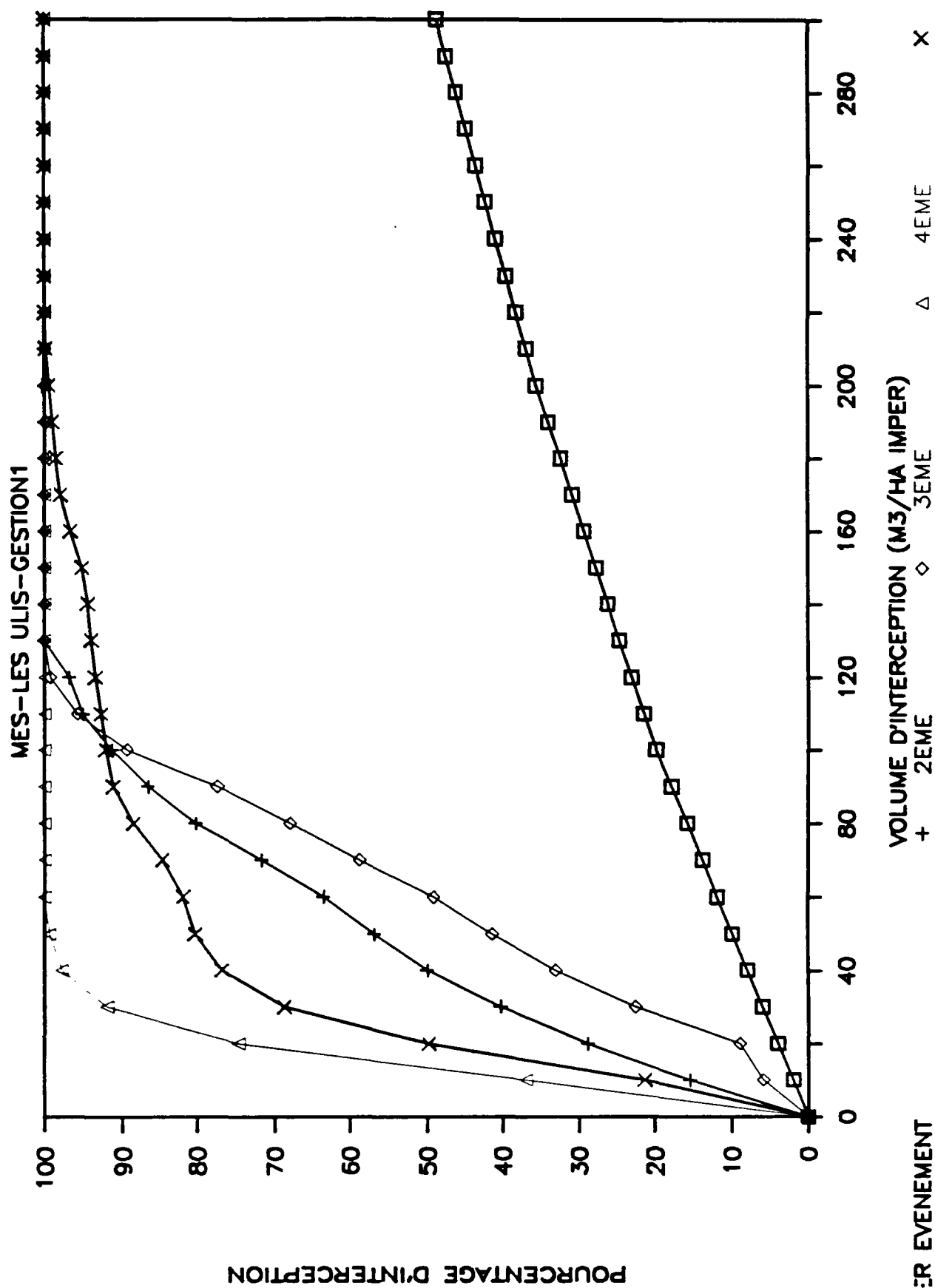
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES



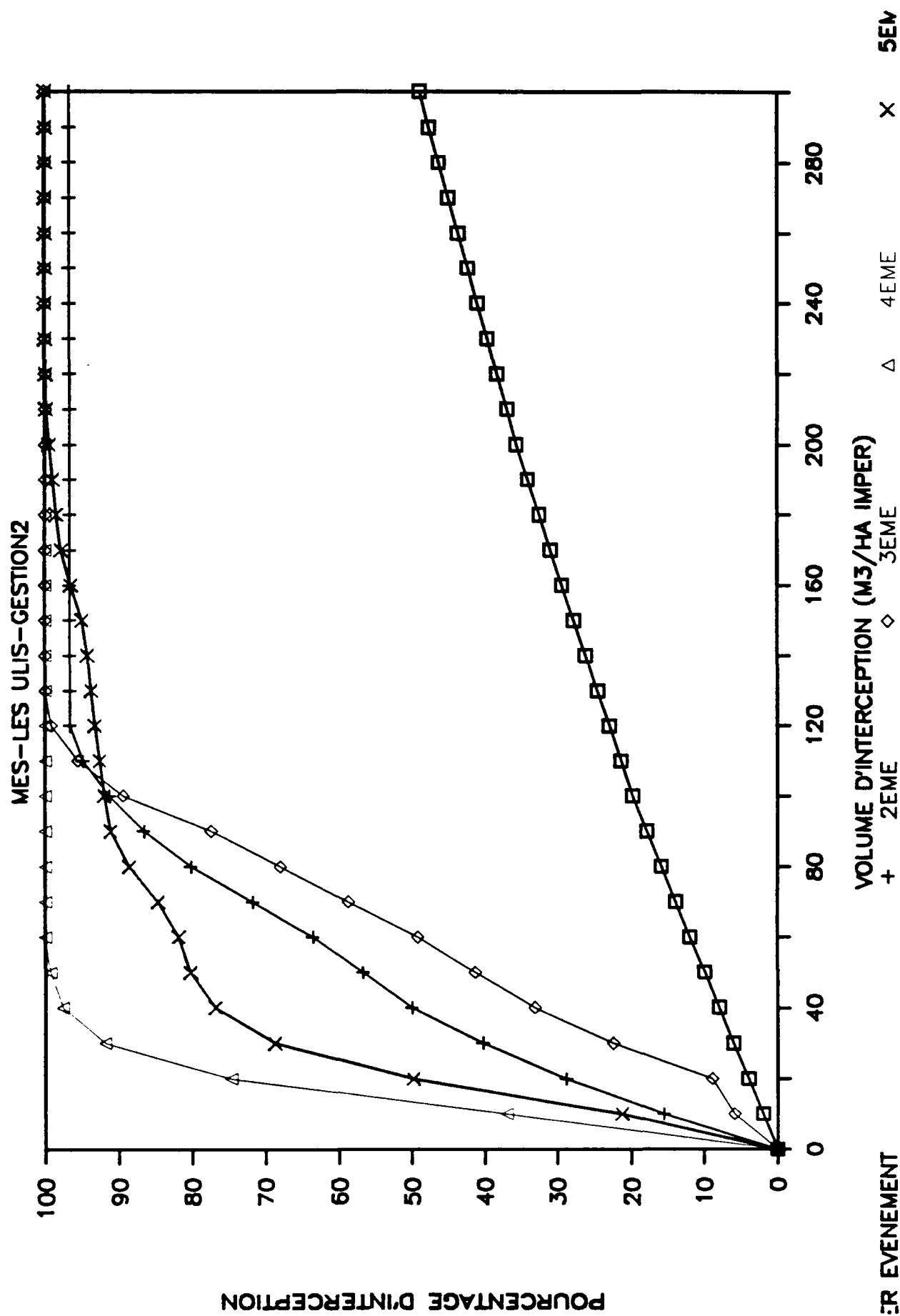
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES



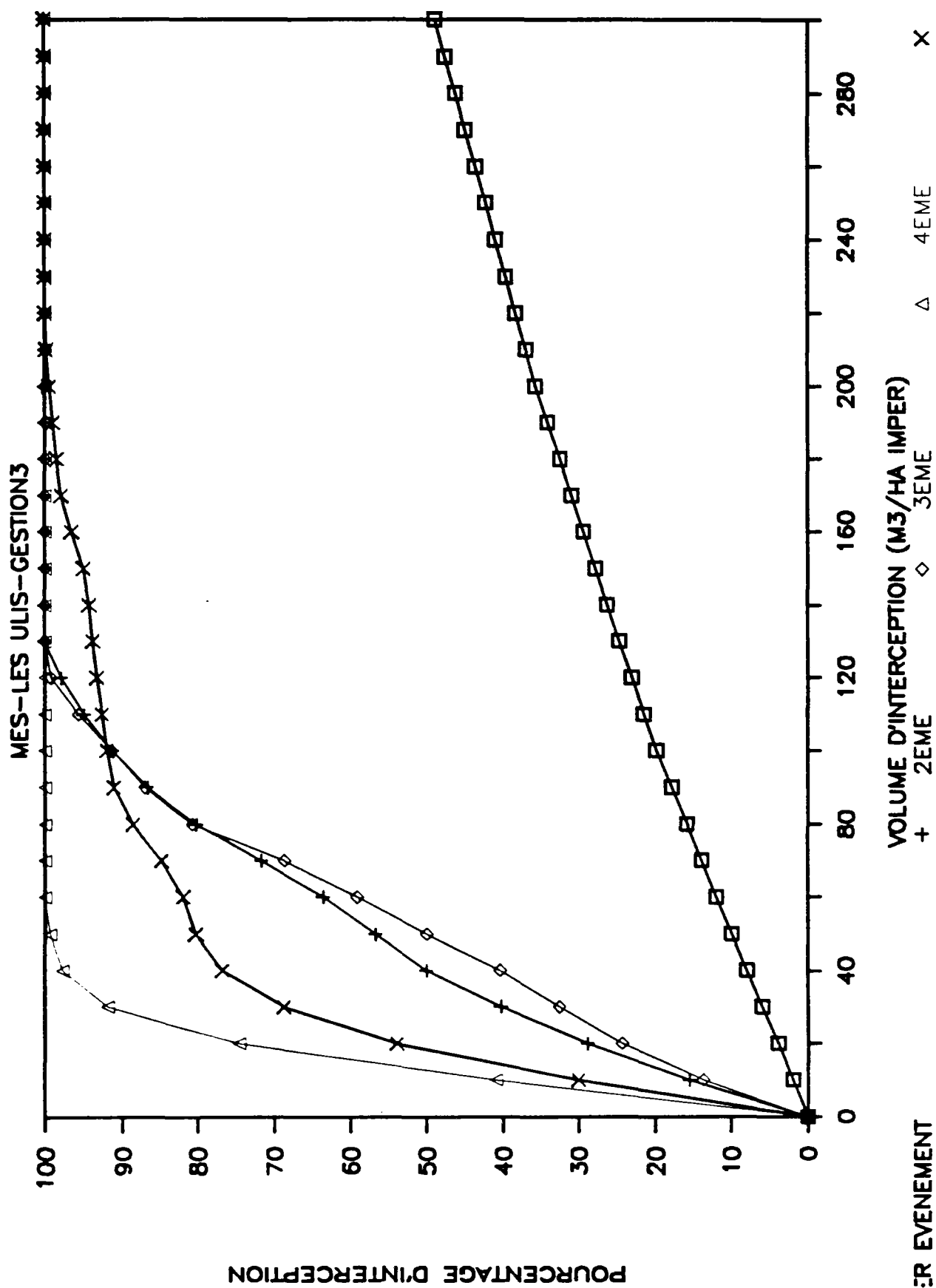
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES



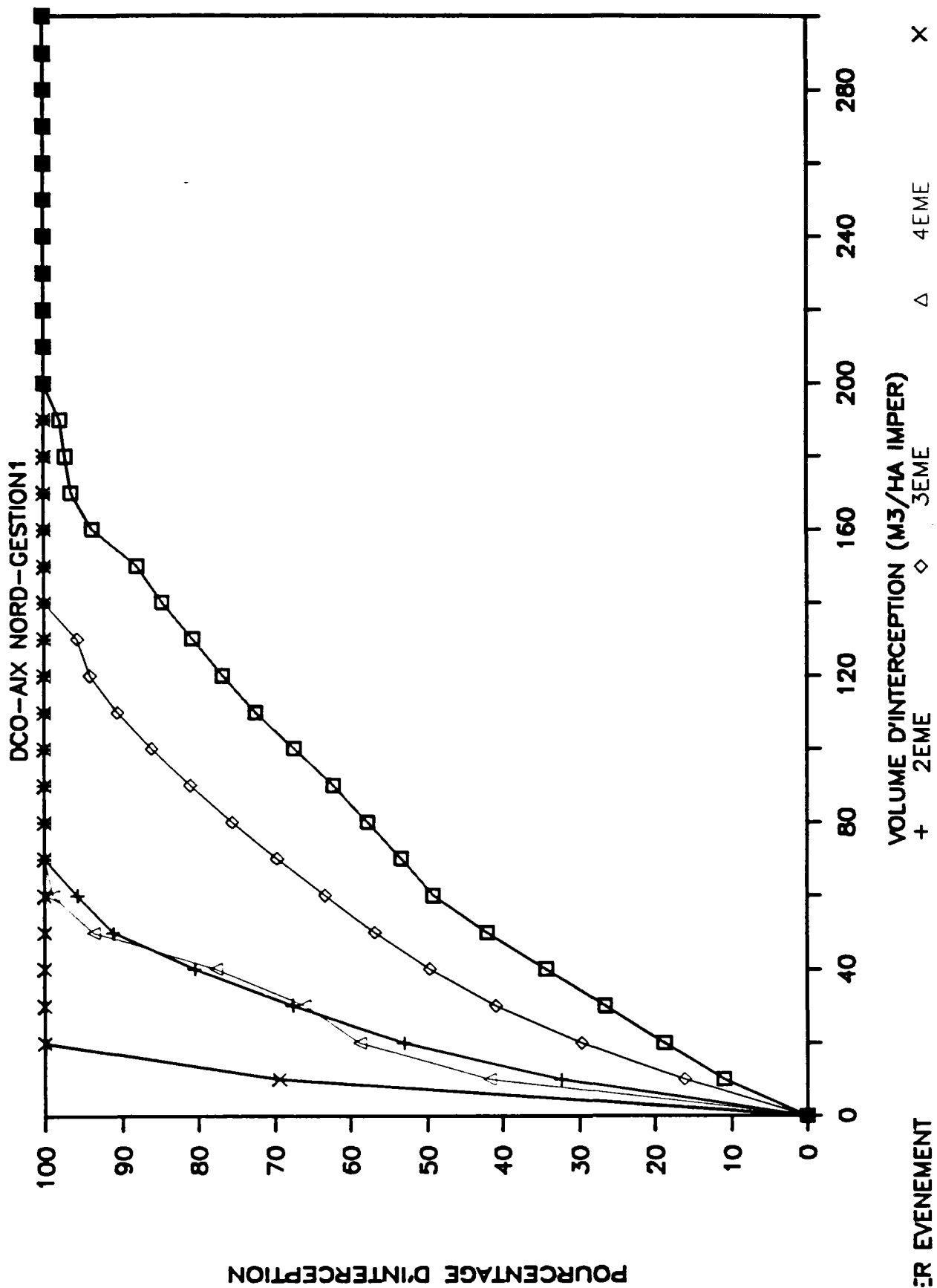
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES



INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

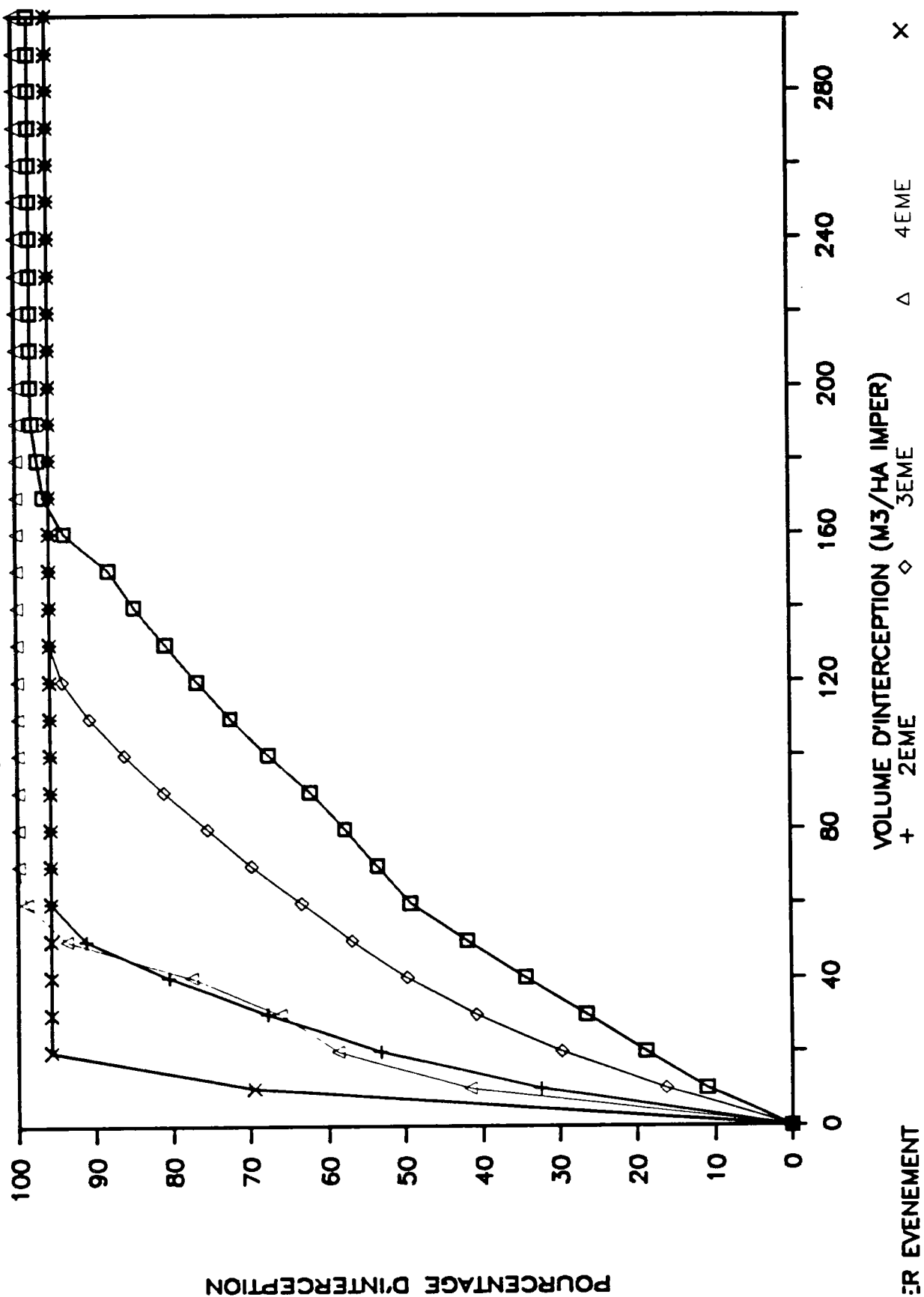


INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

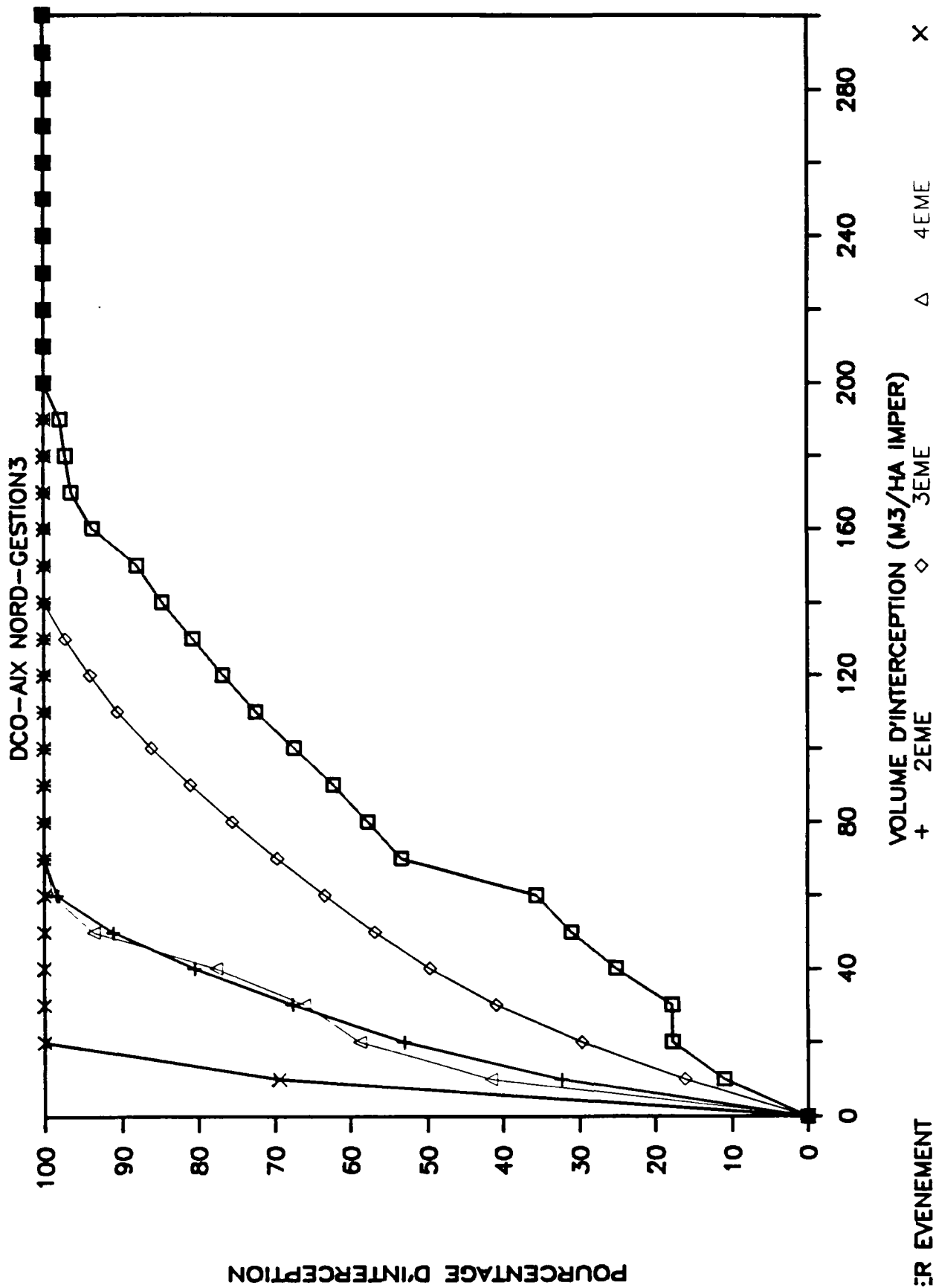


INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

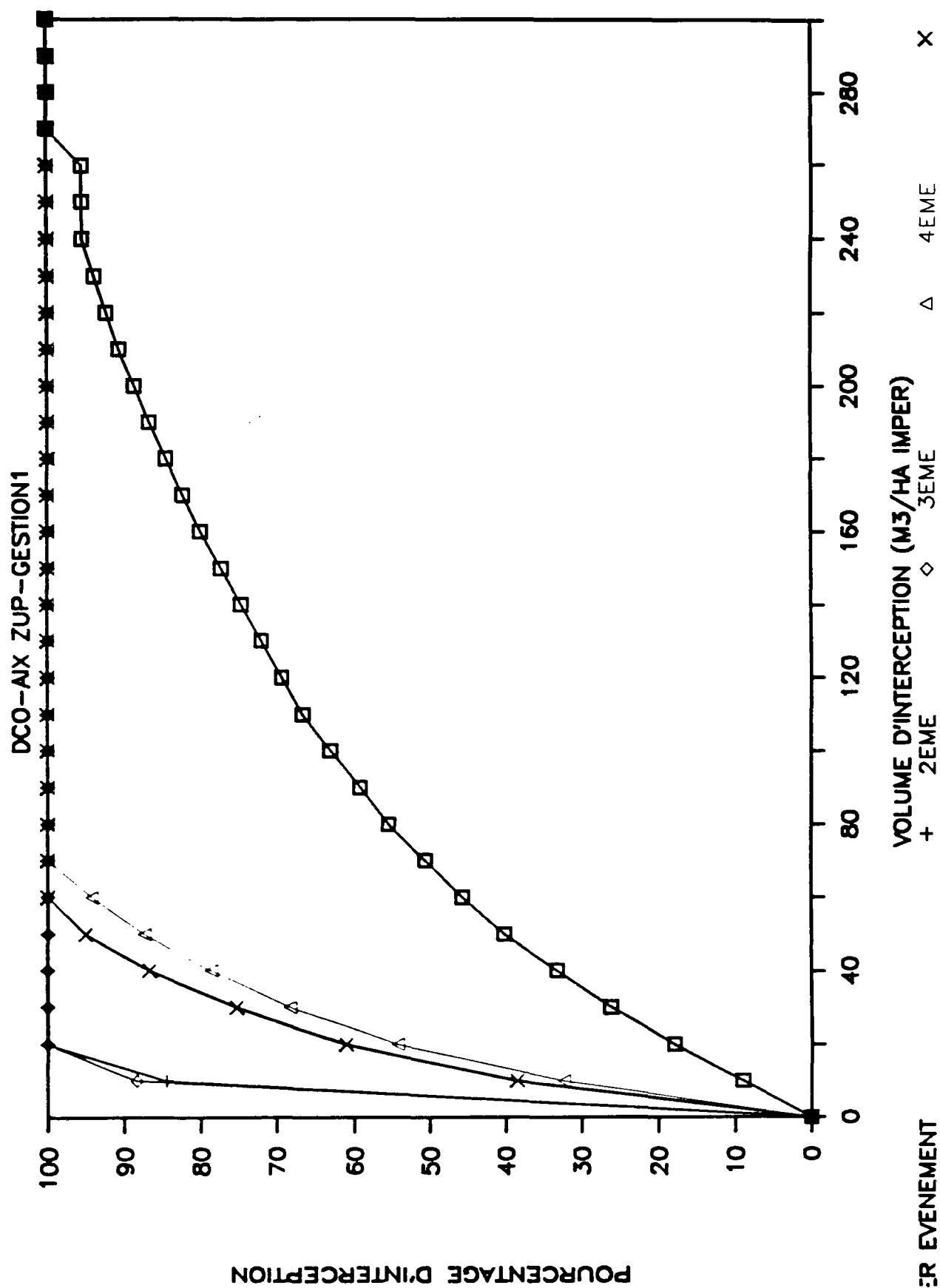
DCO-AIX NORD-GESTION2



INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

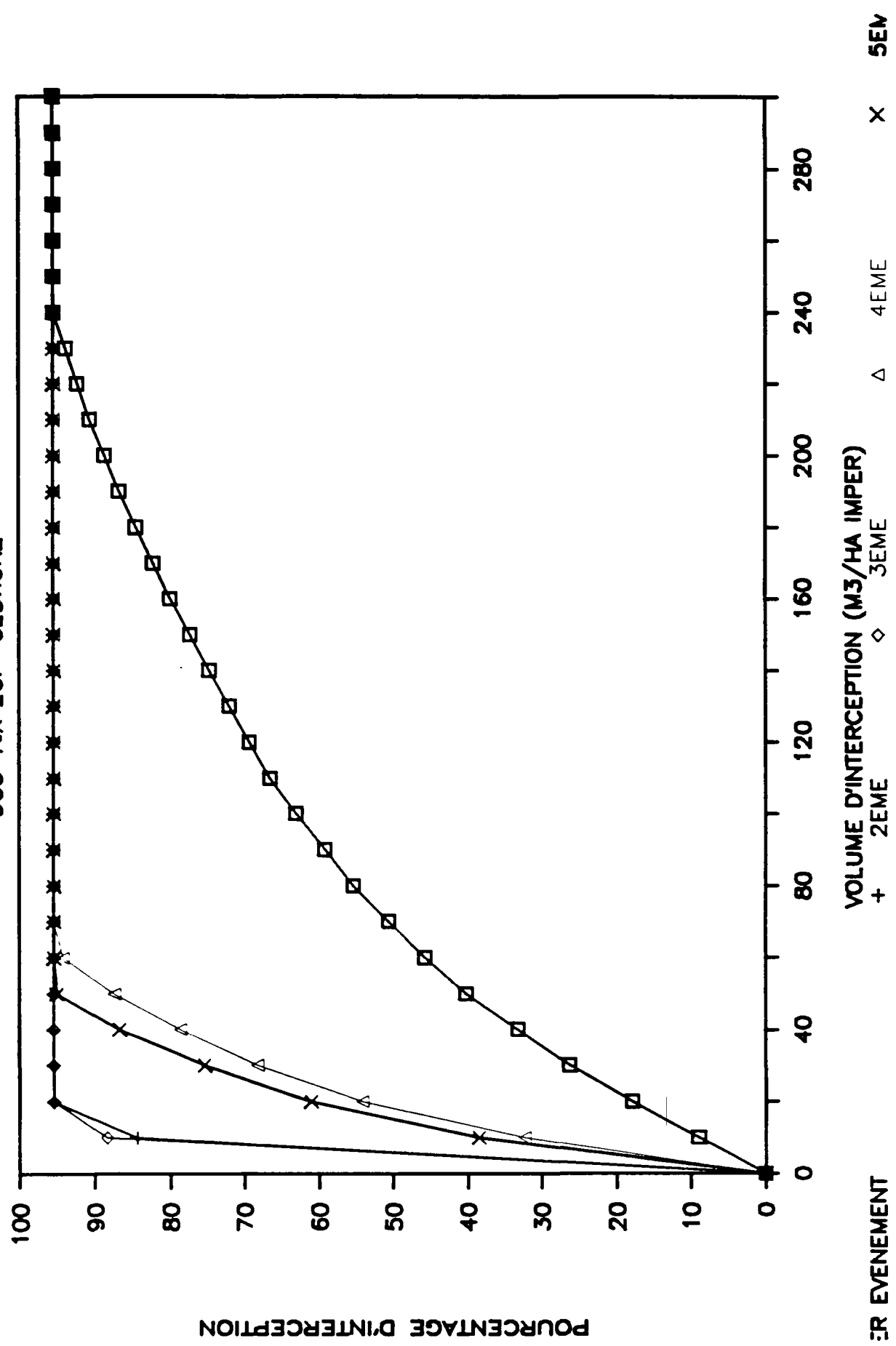


INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES



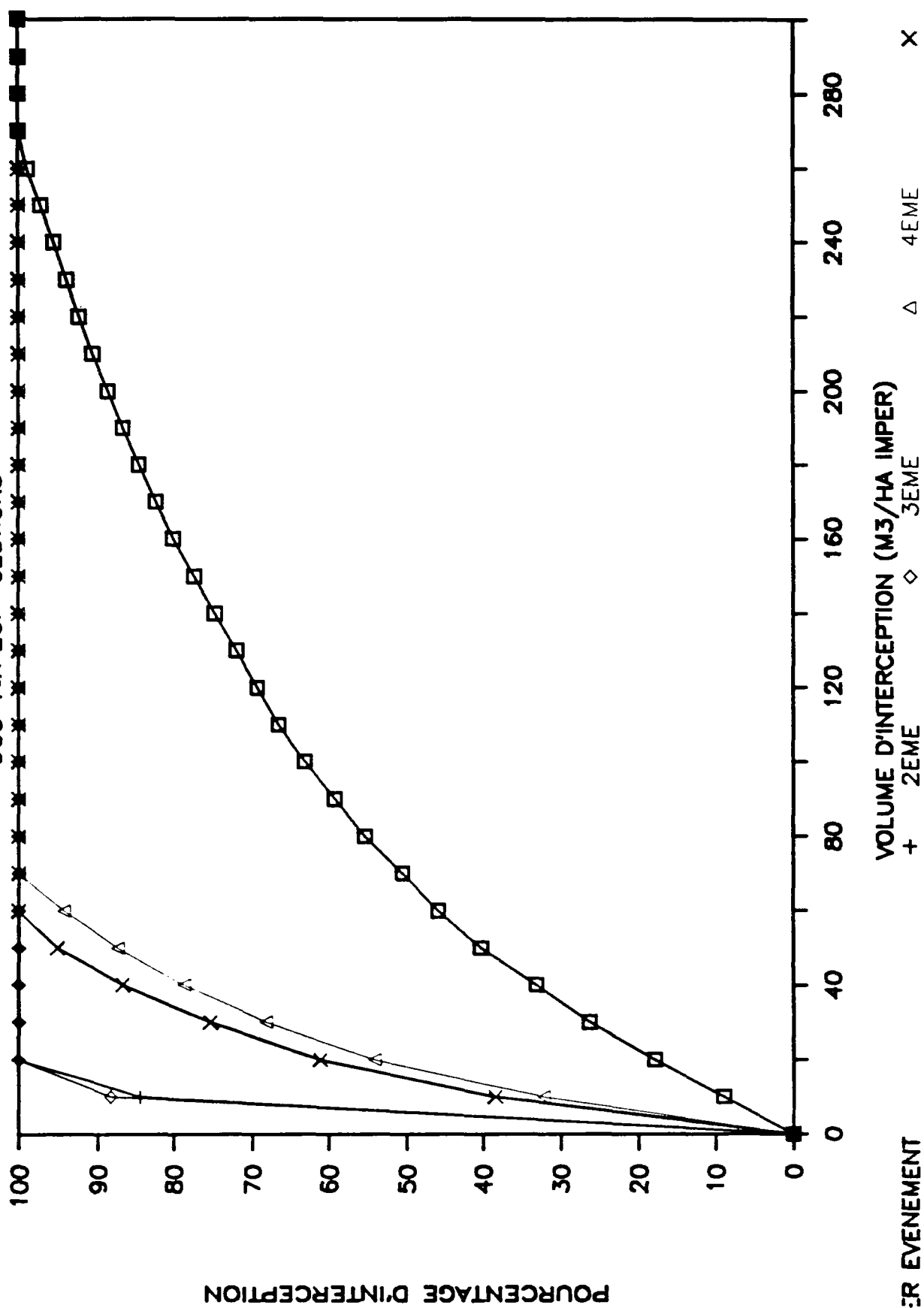
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

DCO-AIX ZUP-GESTION2

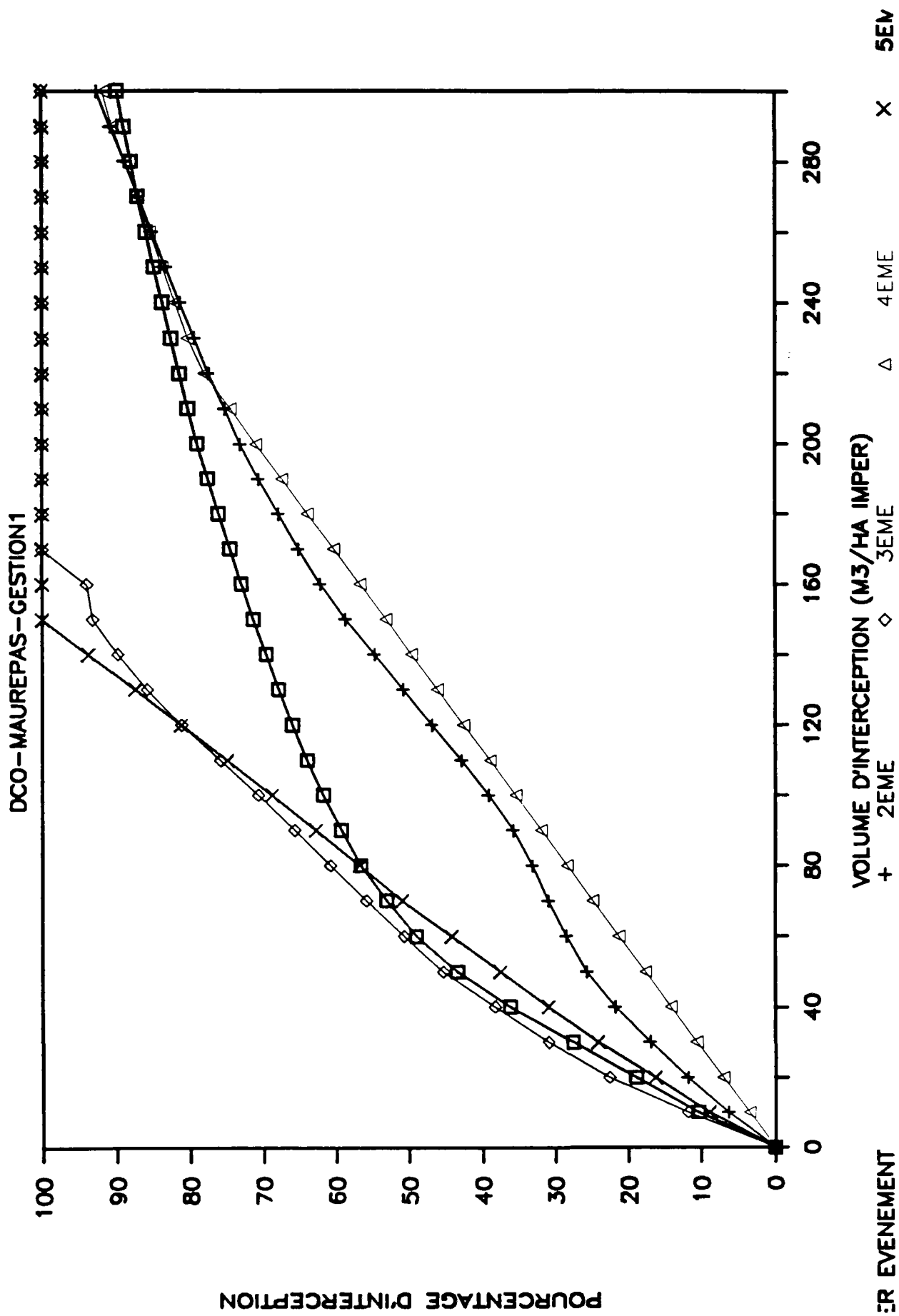


INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

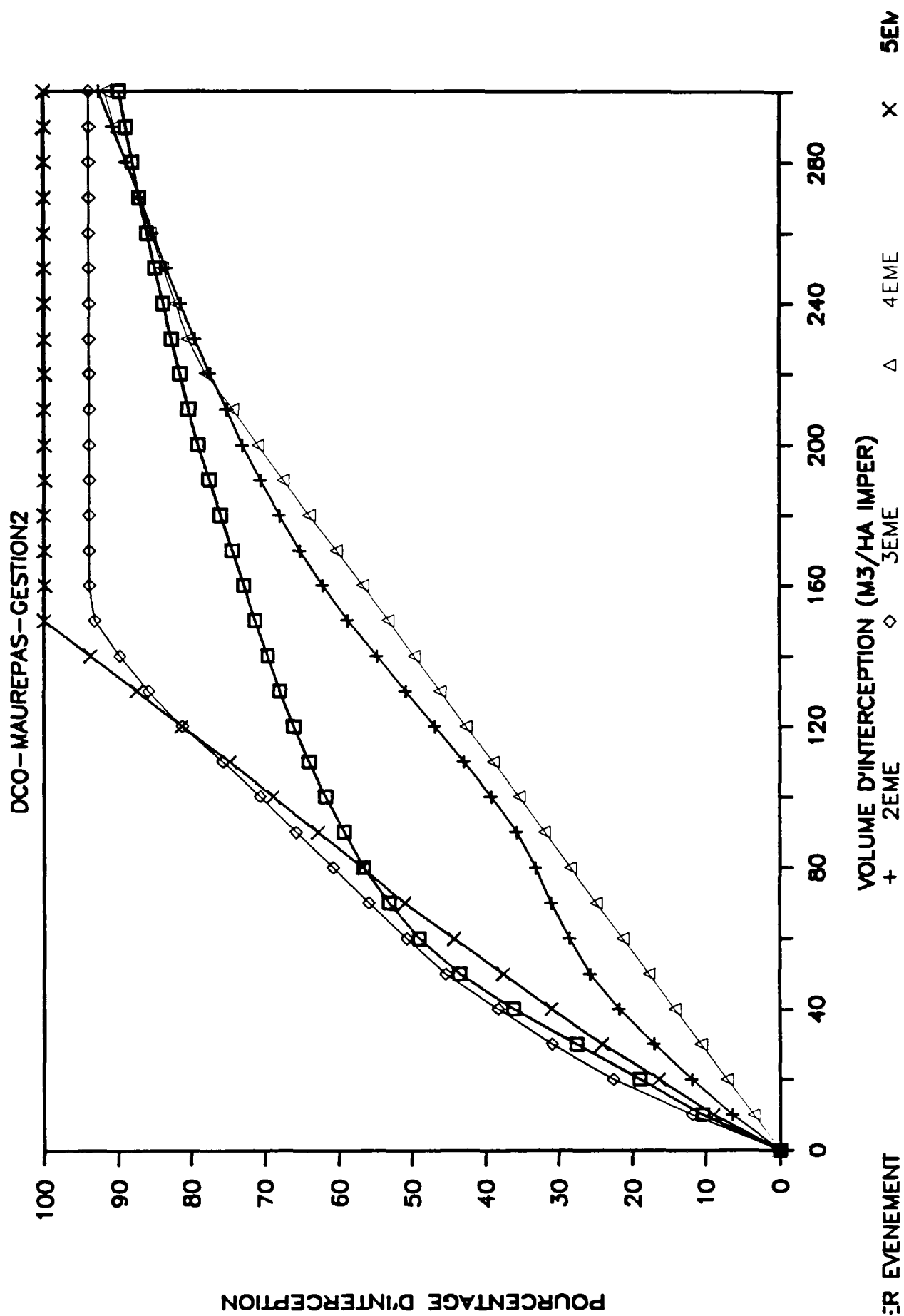
DCO-AIX ZUP-GESTION3



INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

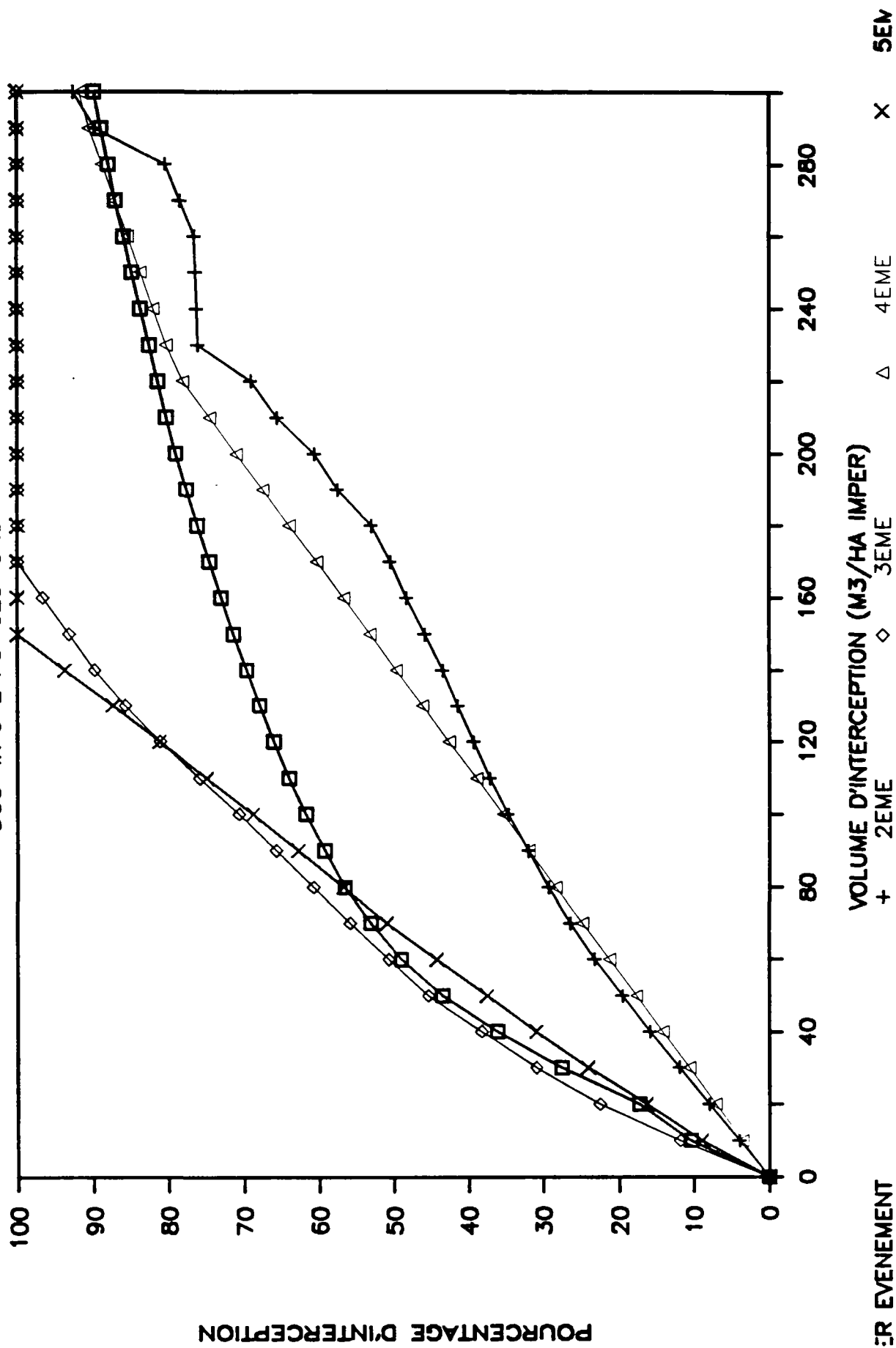


INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

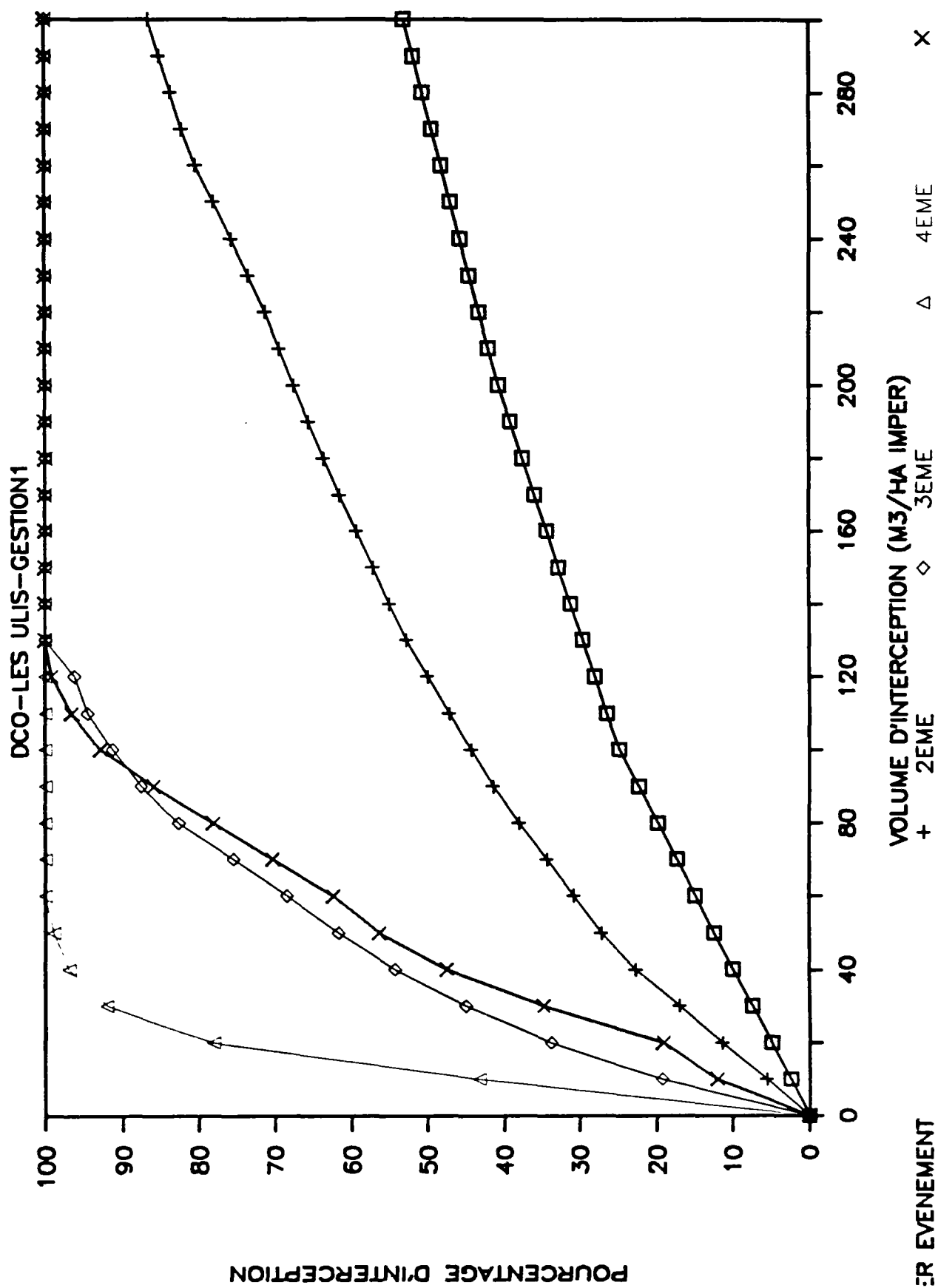


INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

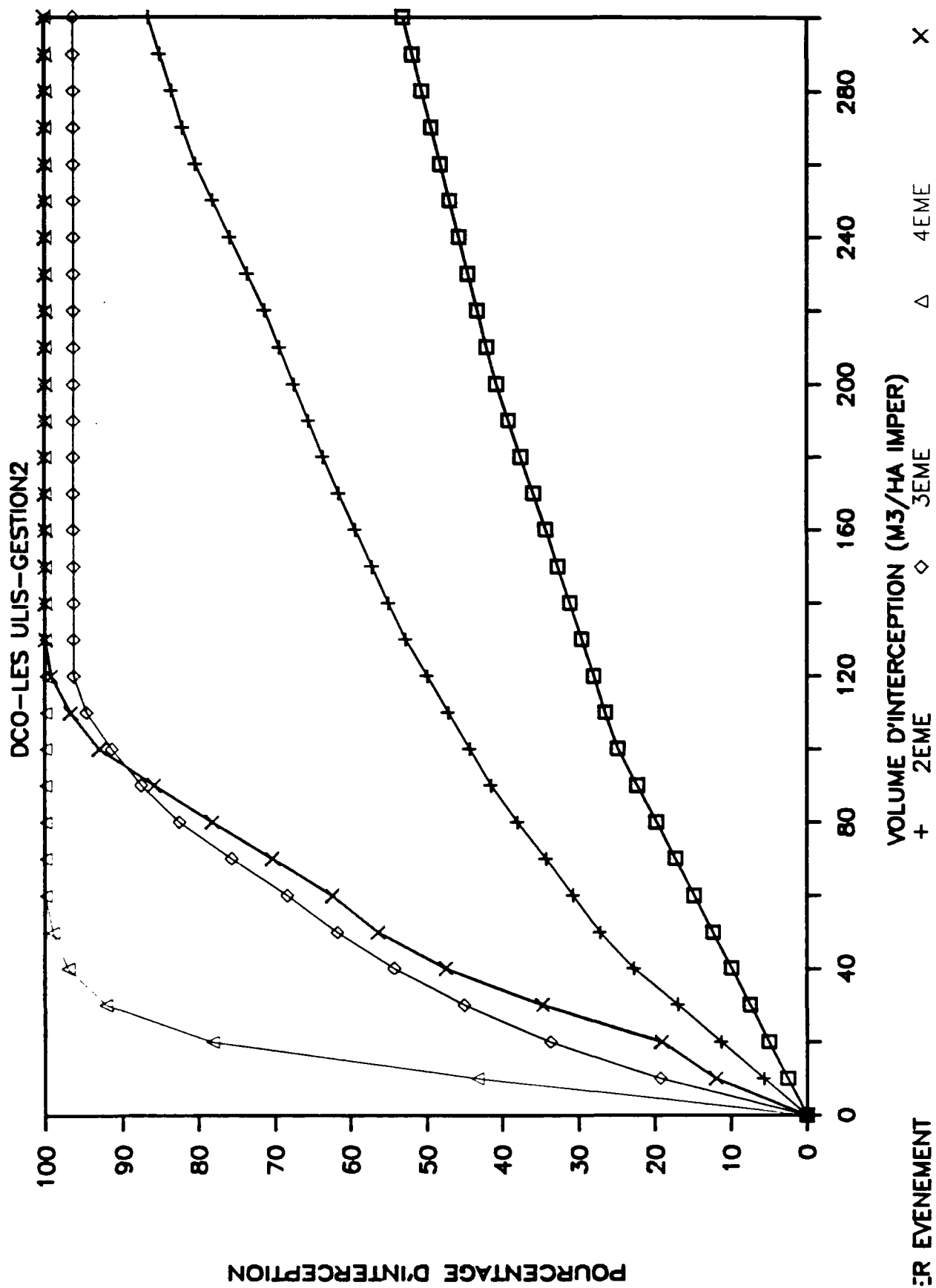
DCO - MAUREPAS - GESTION 3



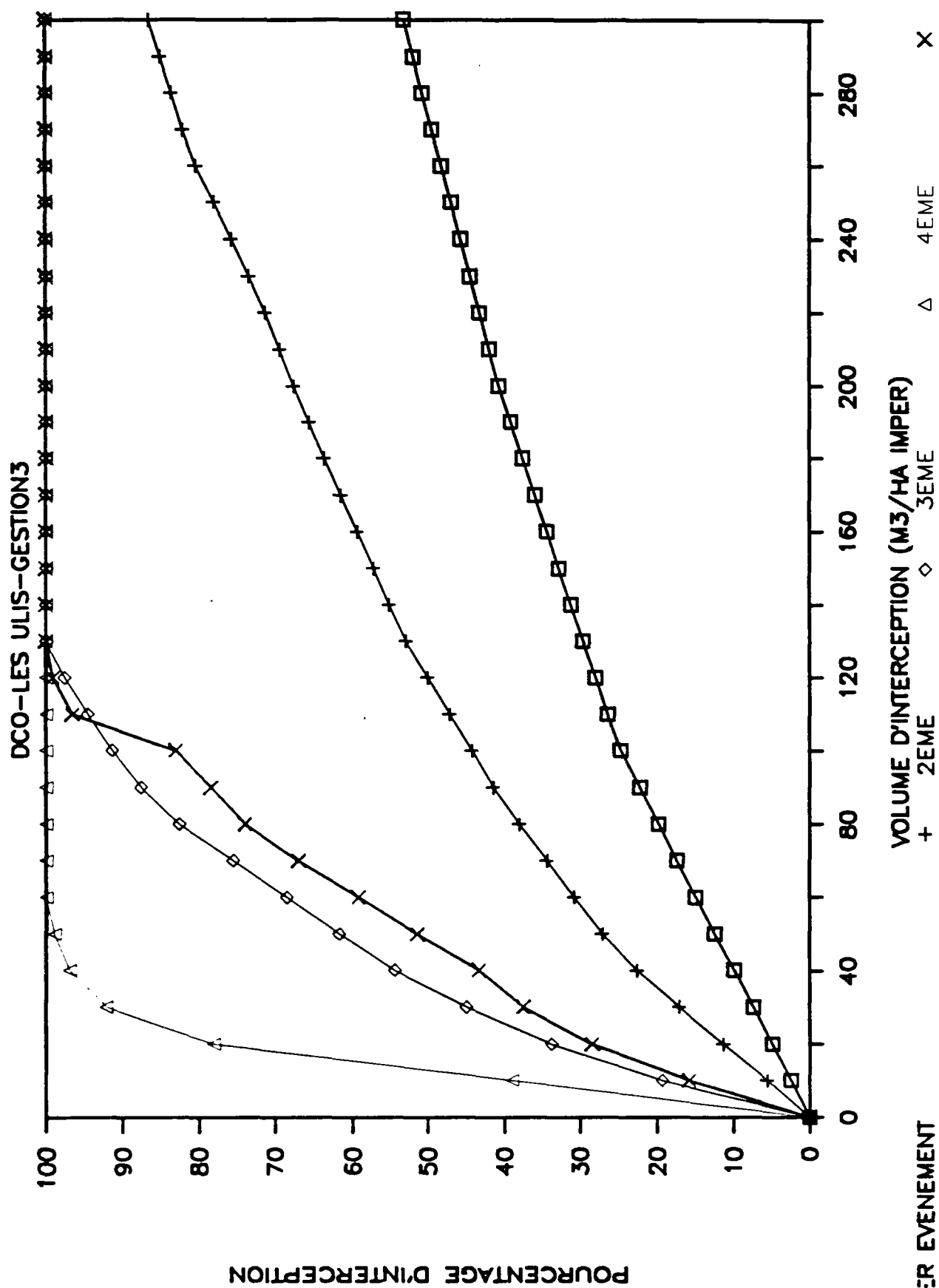
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES



INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

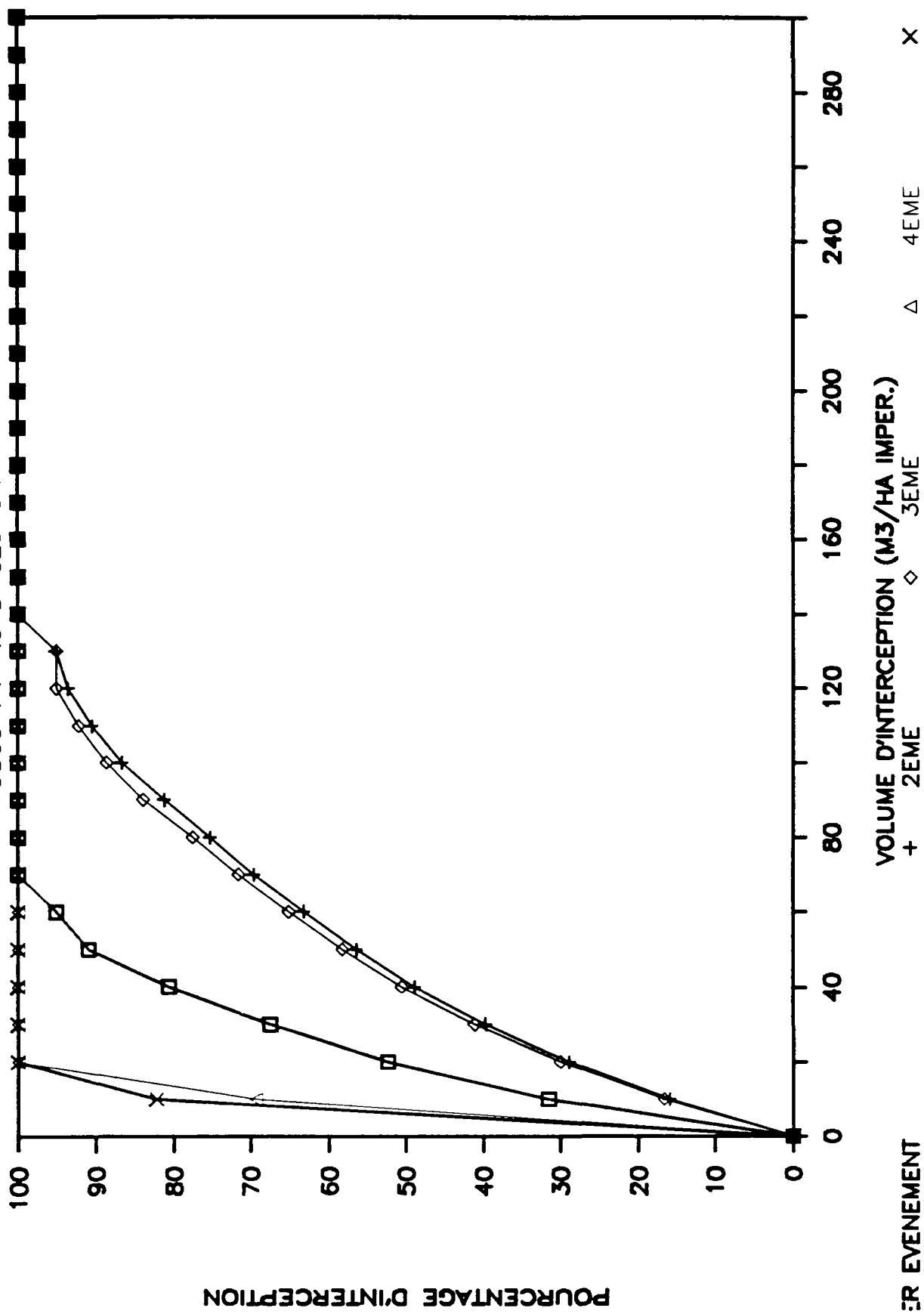


INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES



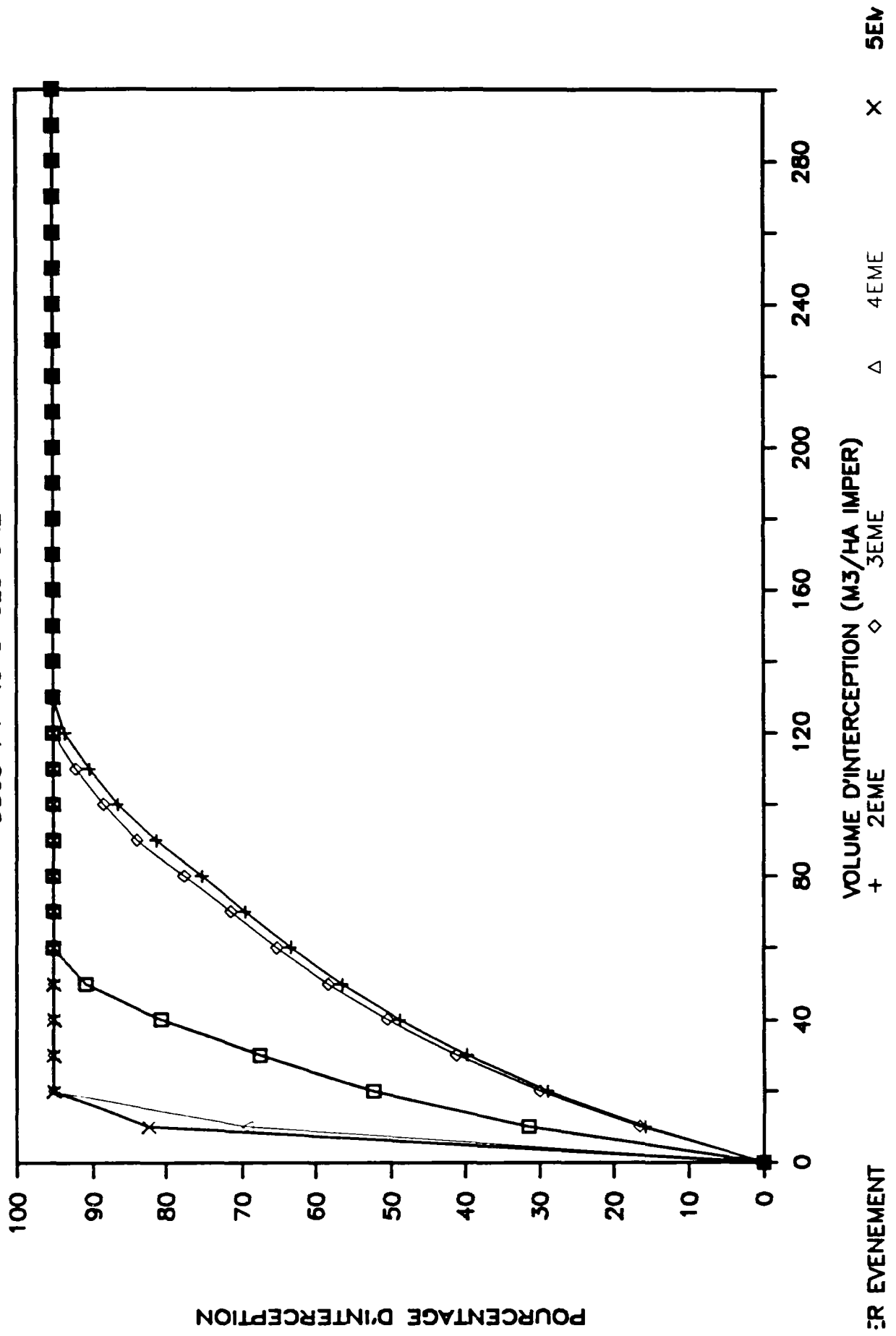
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

DB05-AIX NORD-GESTION 1

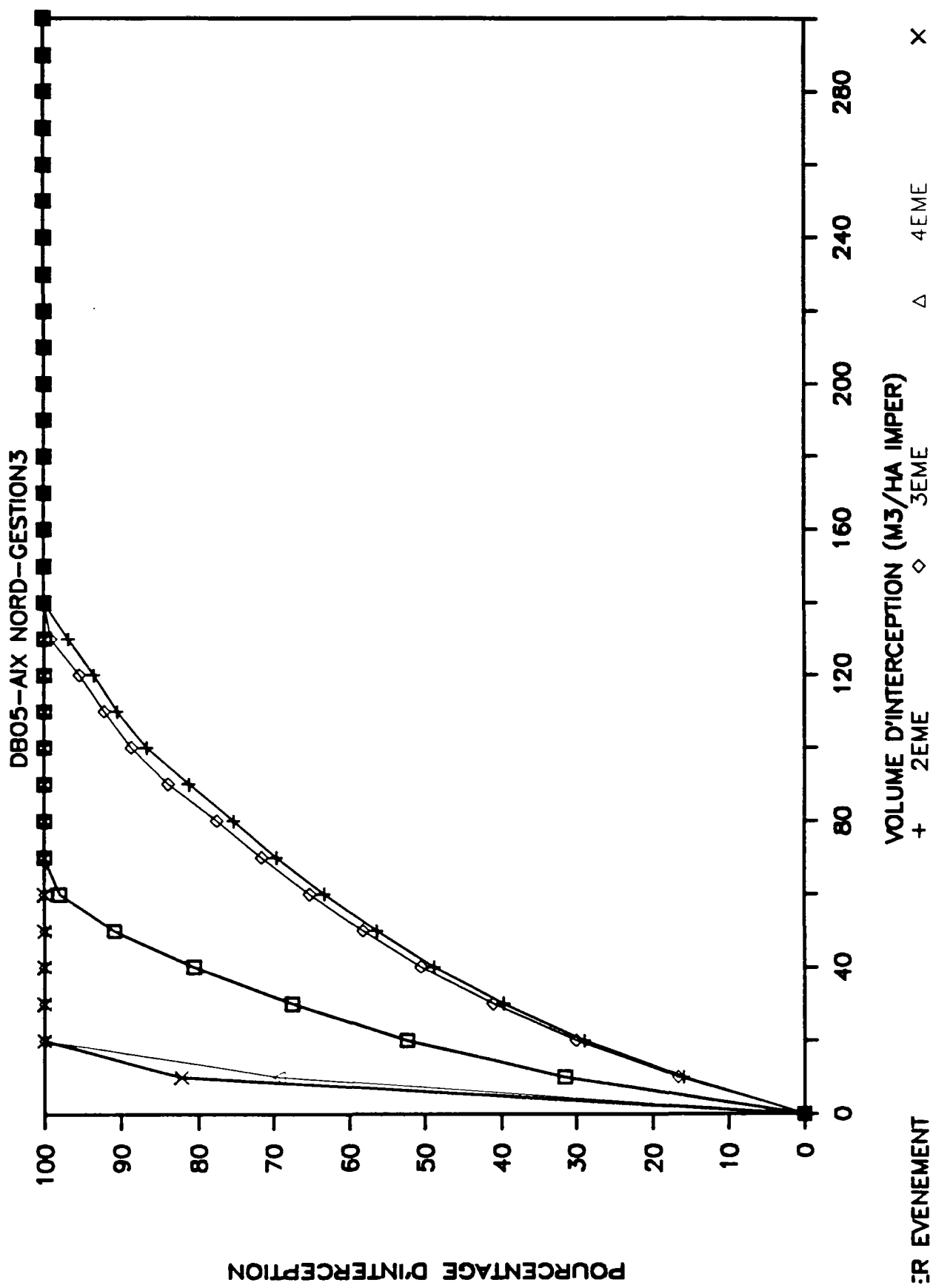


INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

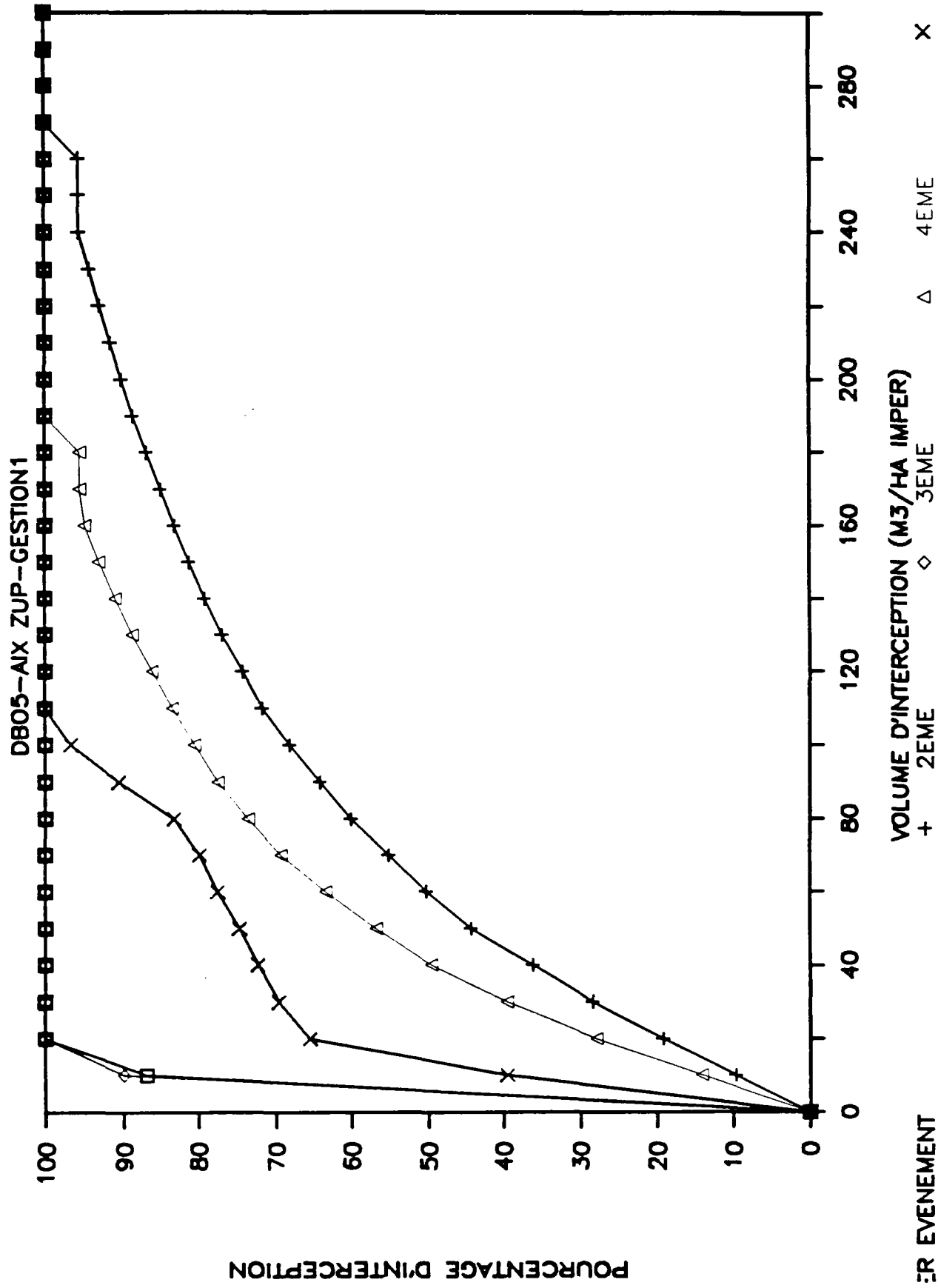
DB05-AIX NORD-GESTION2



INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

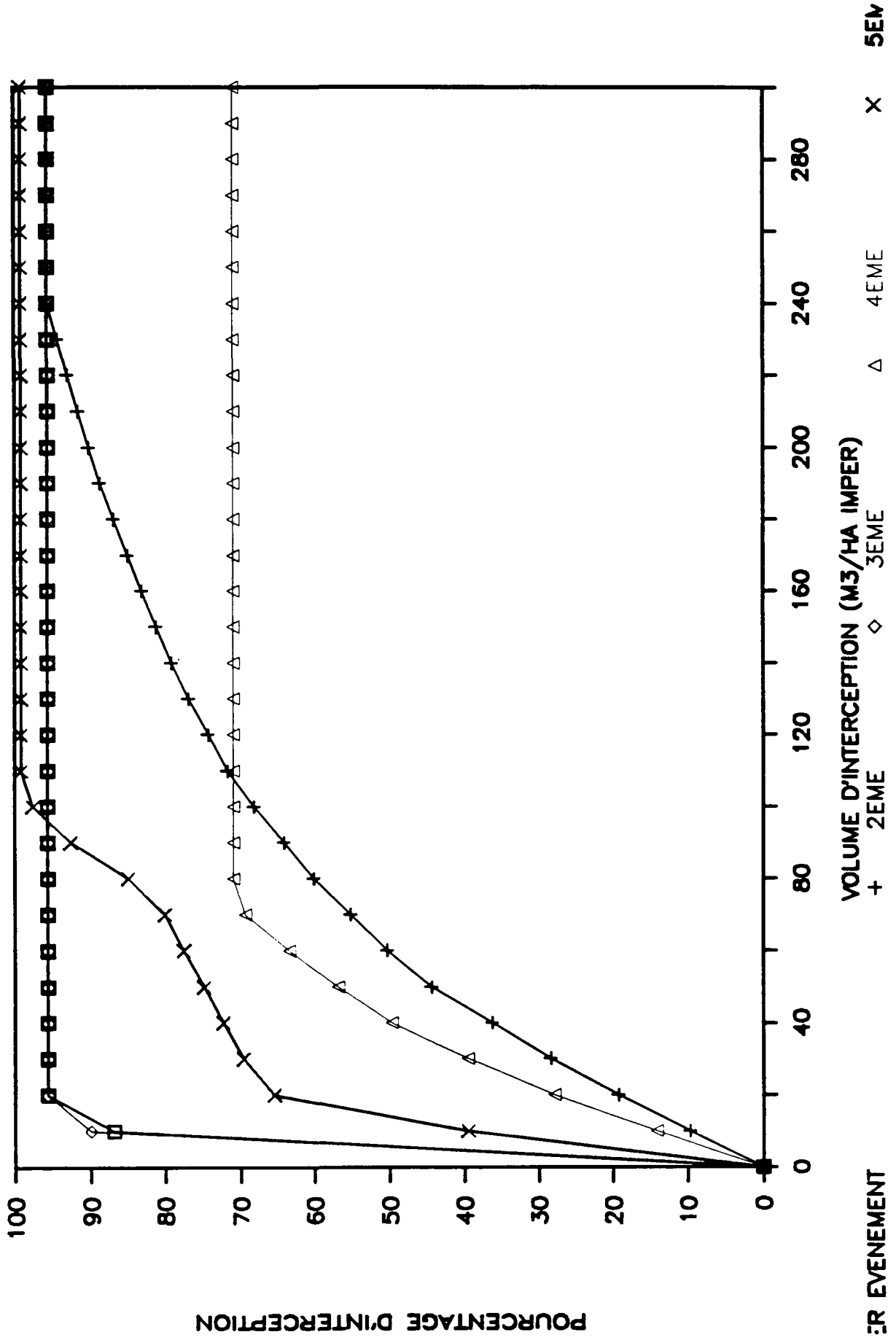


INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES



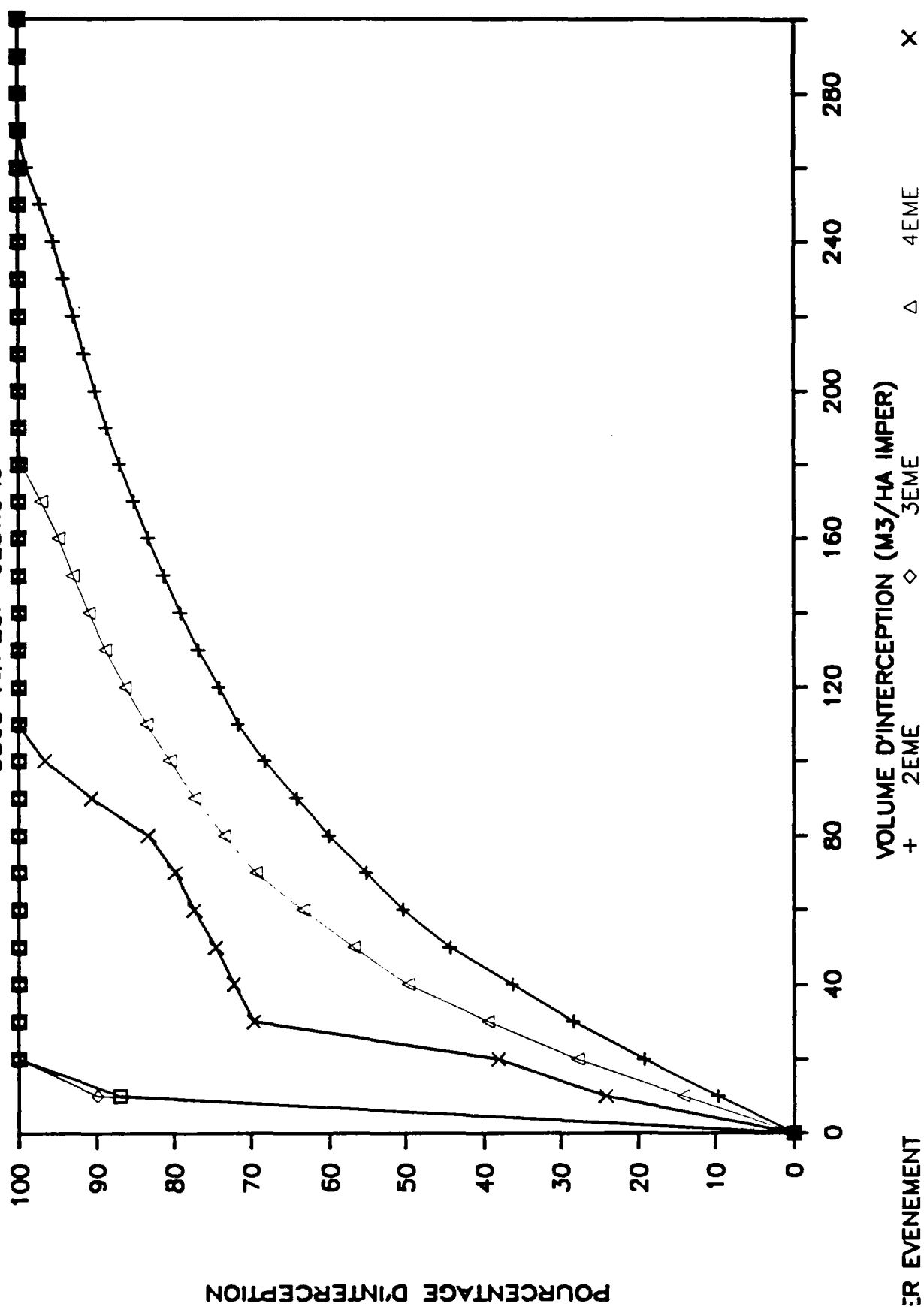
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

DB05-AIX ZUP-GESTION2



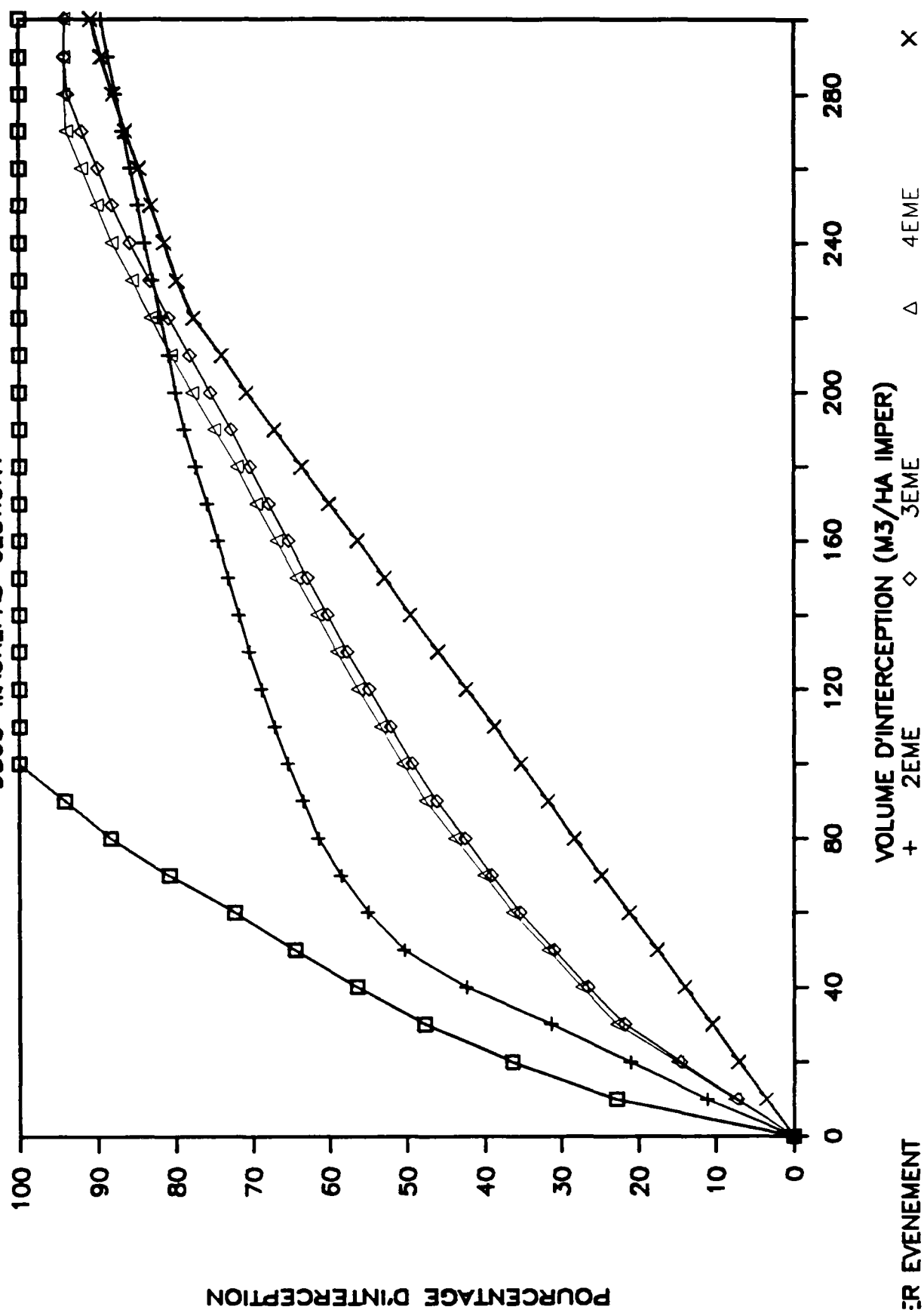
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

DB05--AIX ZUP--GESTION3



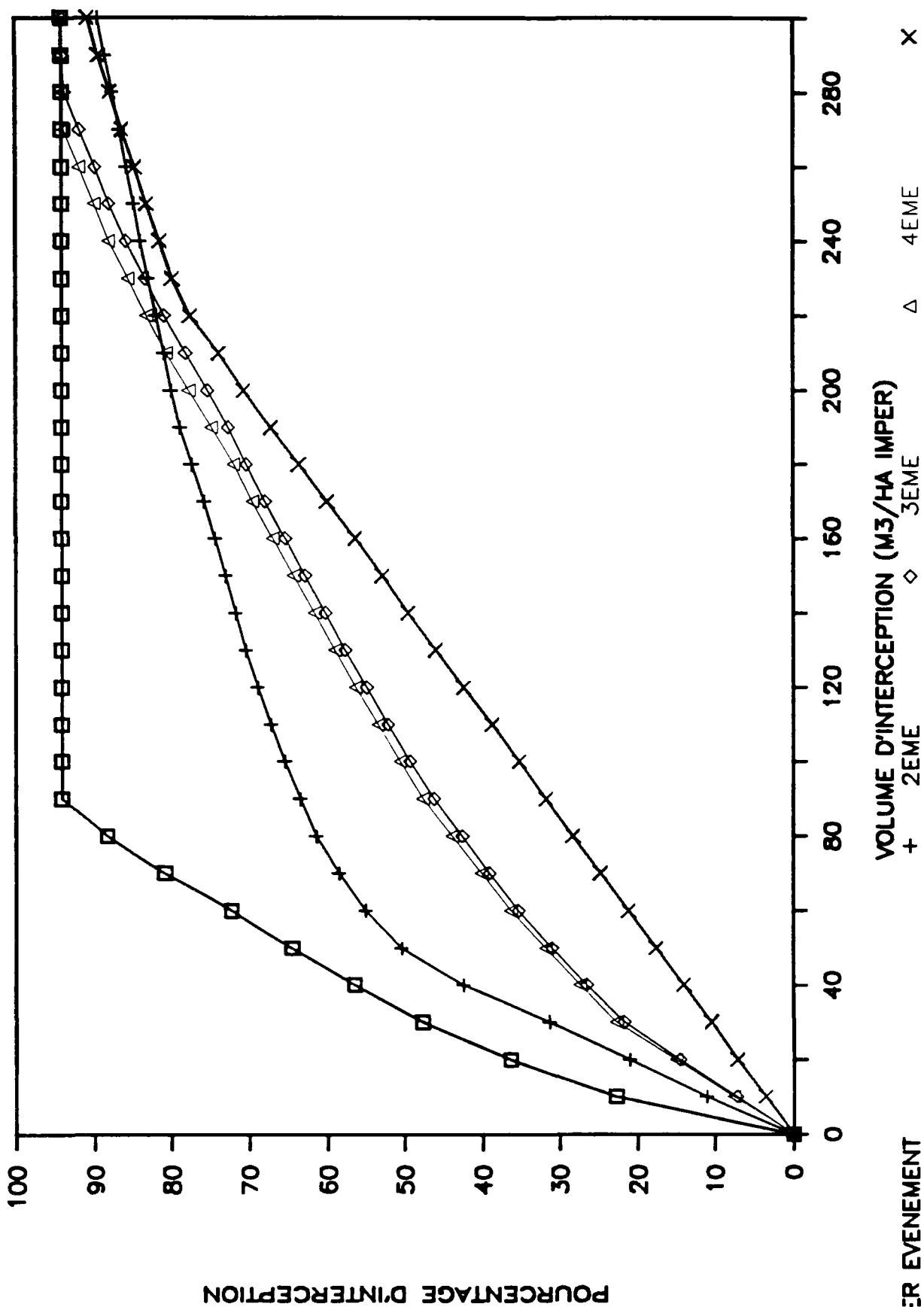
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

DB05 - MAUREPAS - GESTION 1



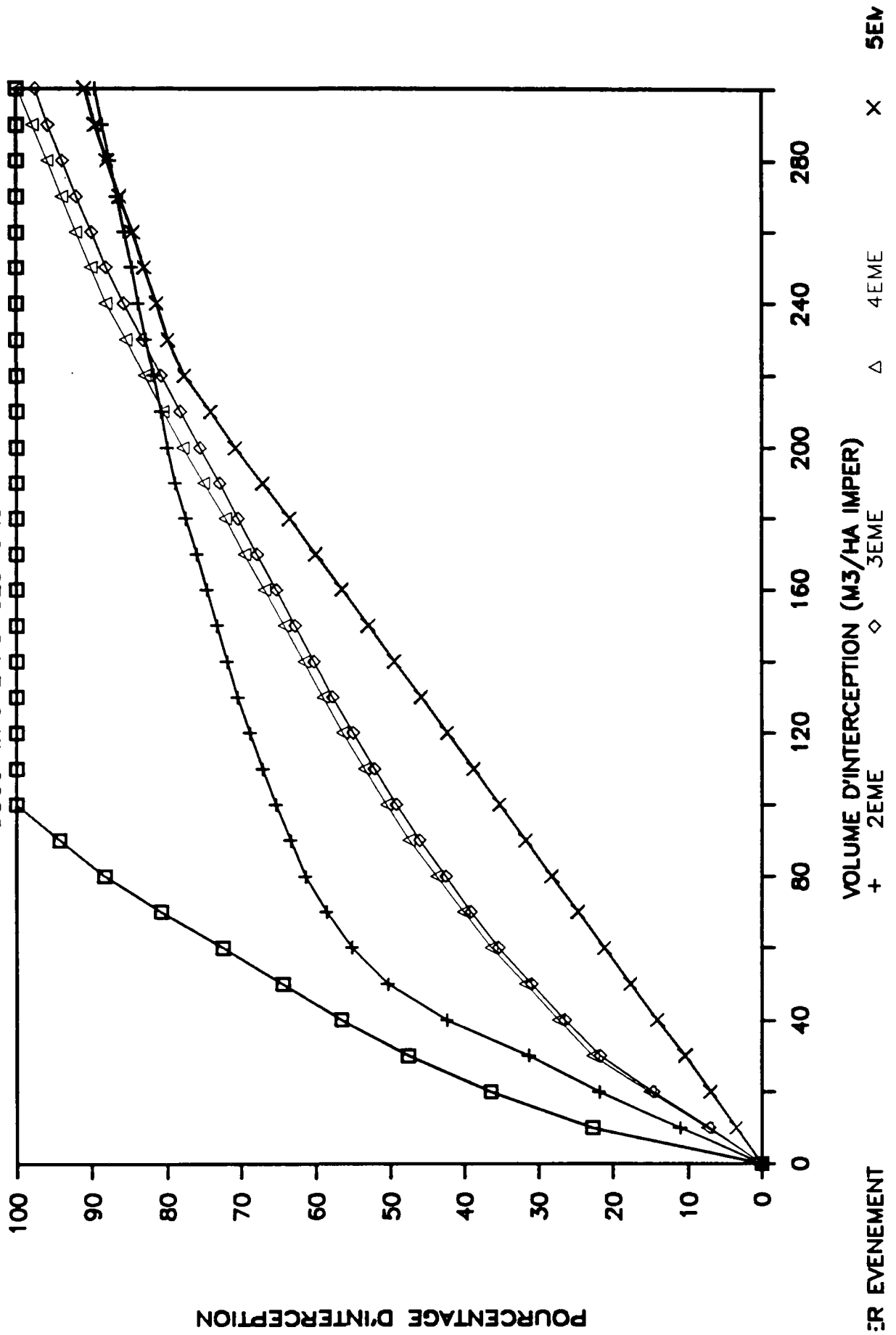
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

DB05 - MAUREPAS - GESTION2



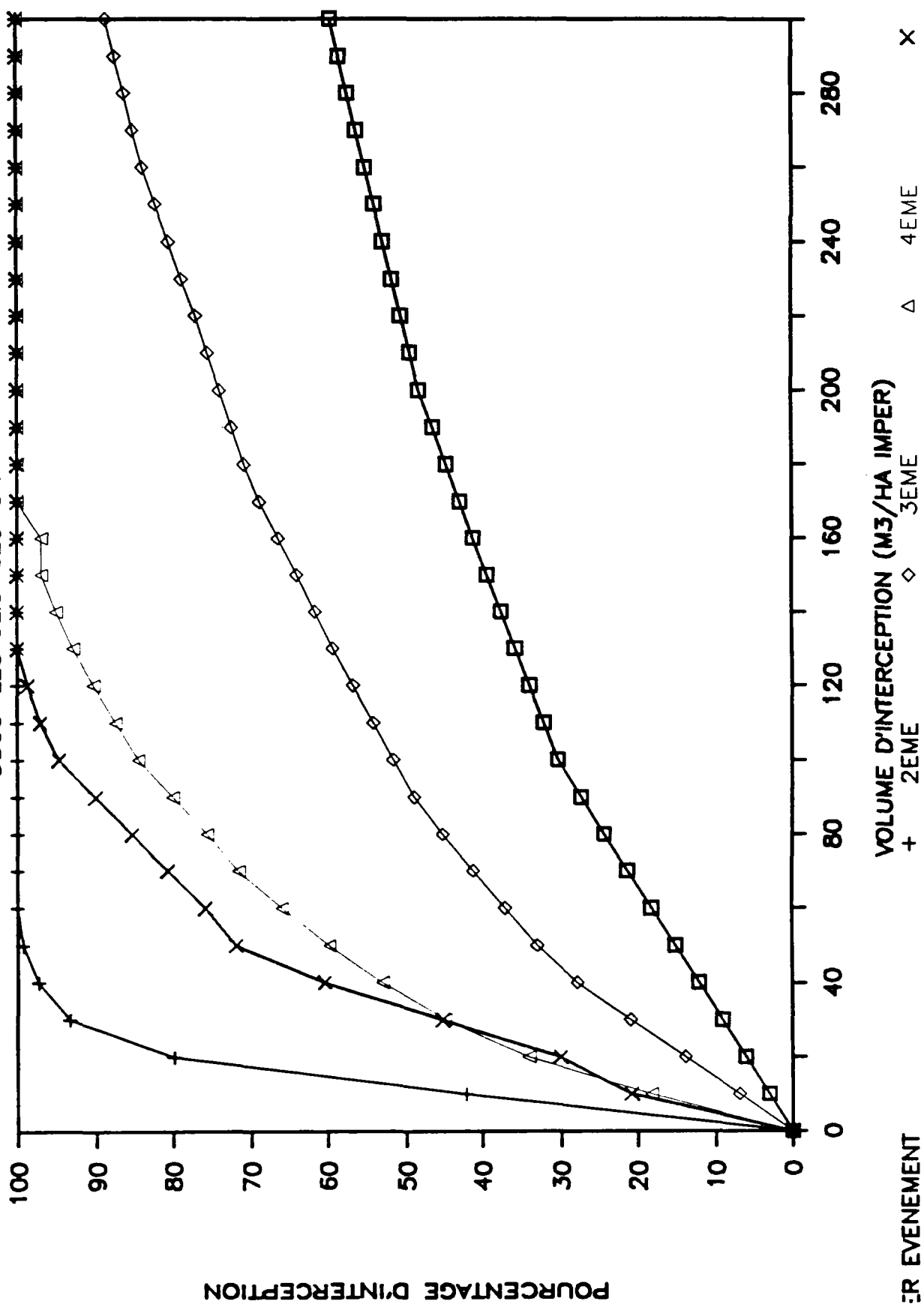
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

DB05 - MAUREPAS - GESTION 3



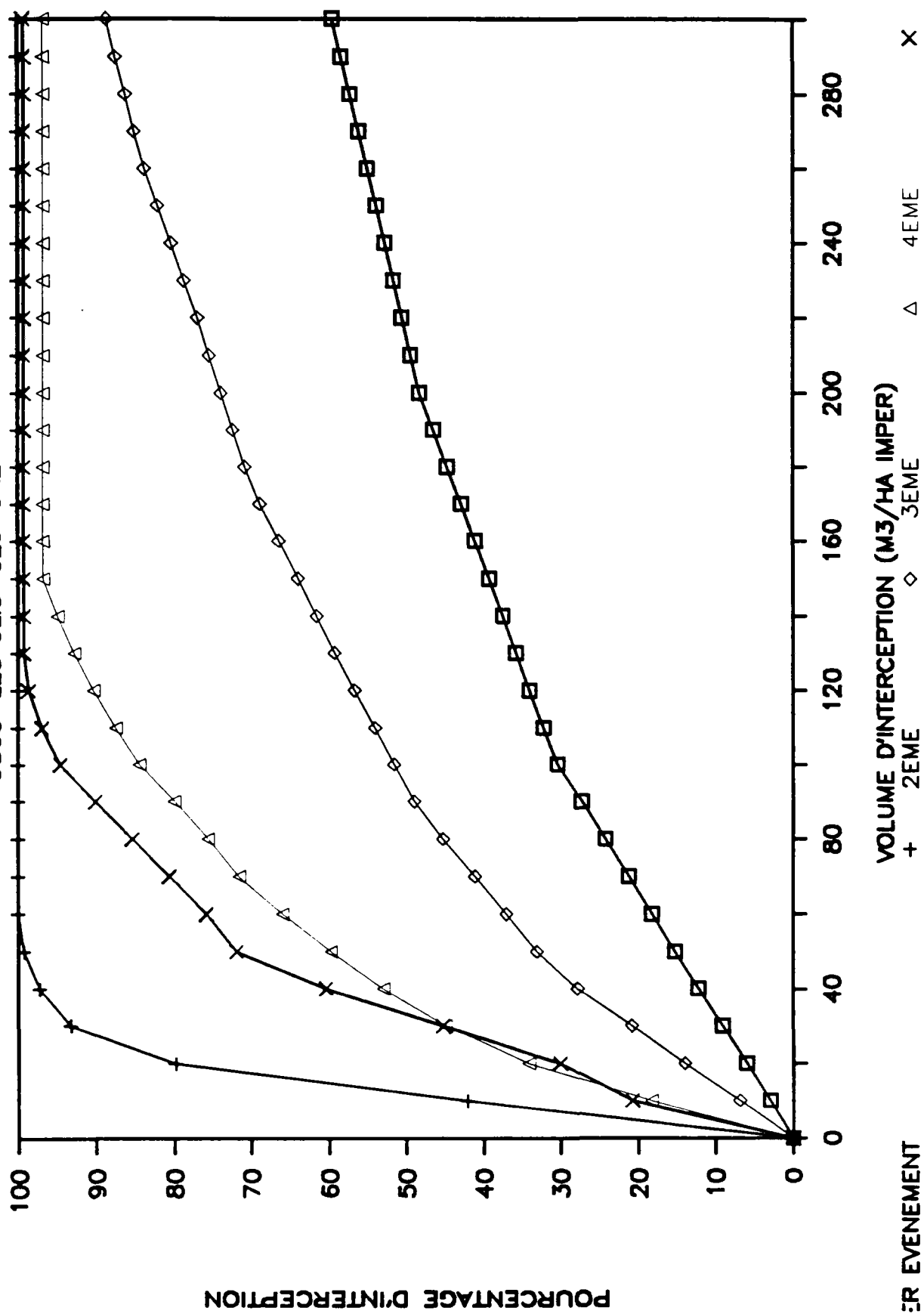
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

DB05--LES ULIS--GESTION1



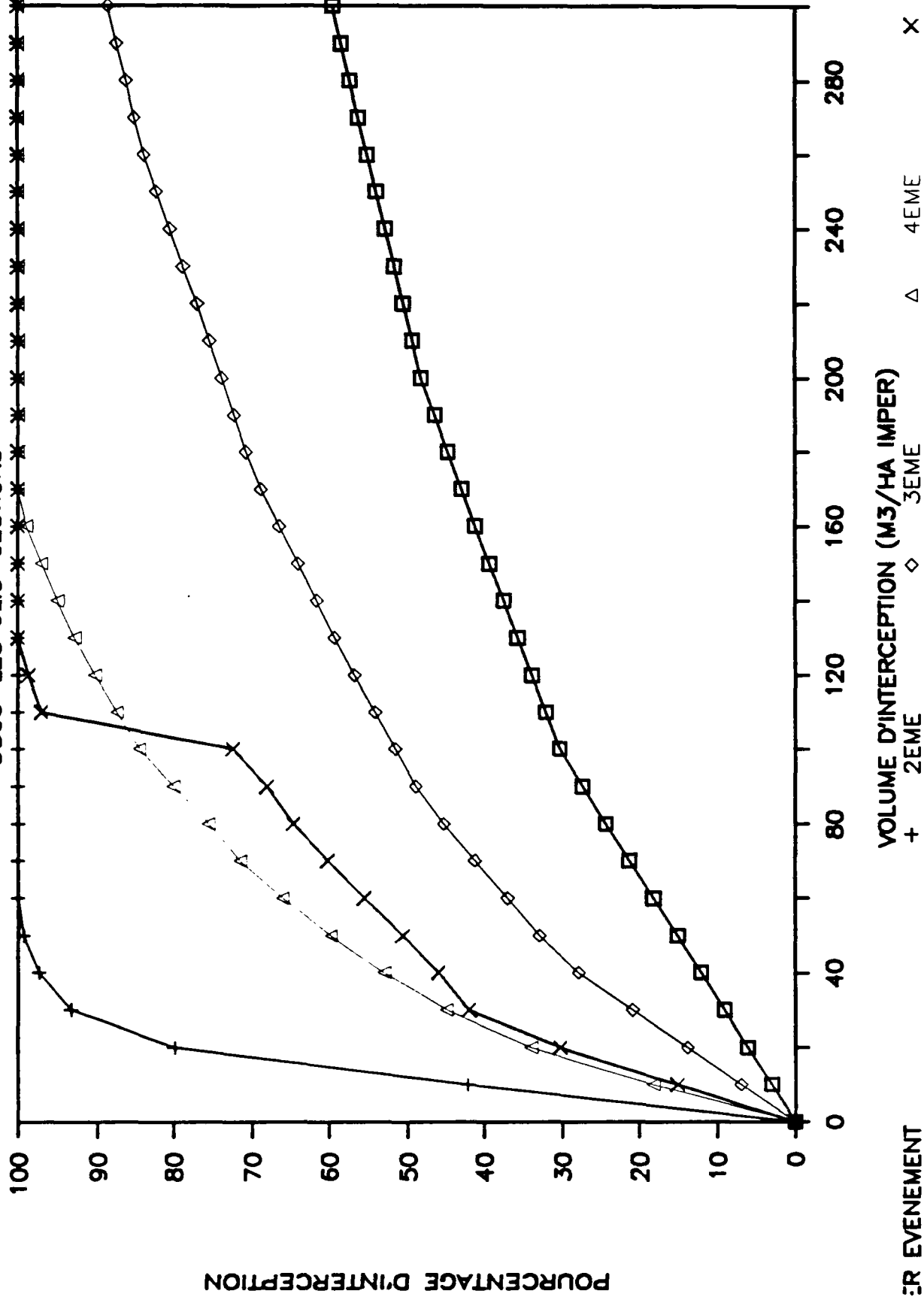
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

DB05--LES ULIS--GESTION2



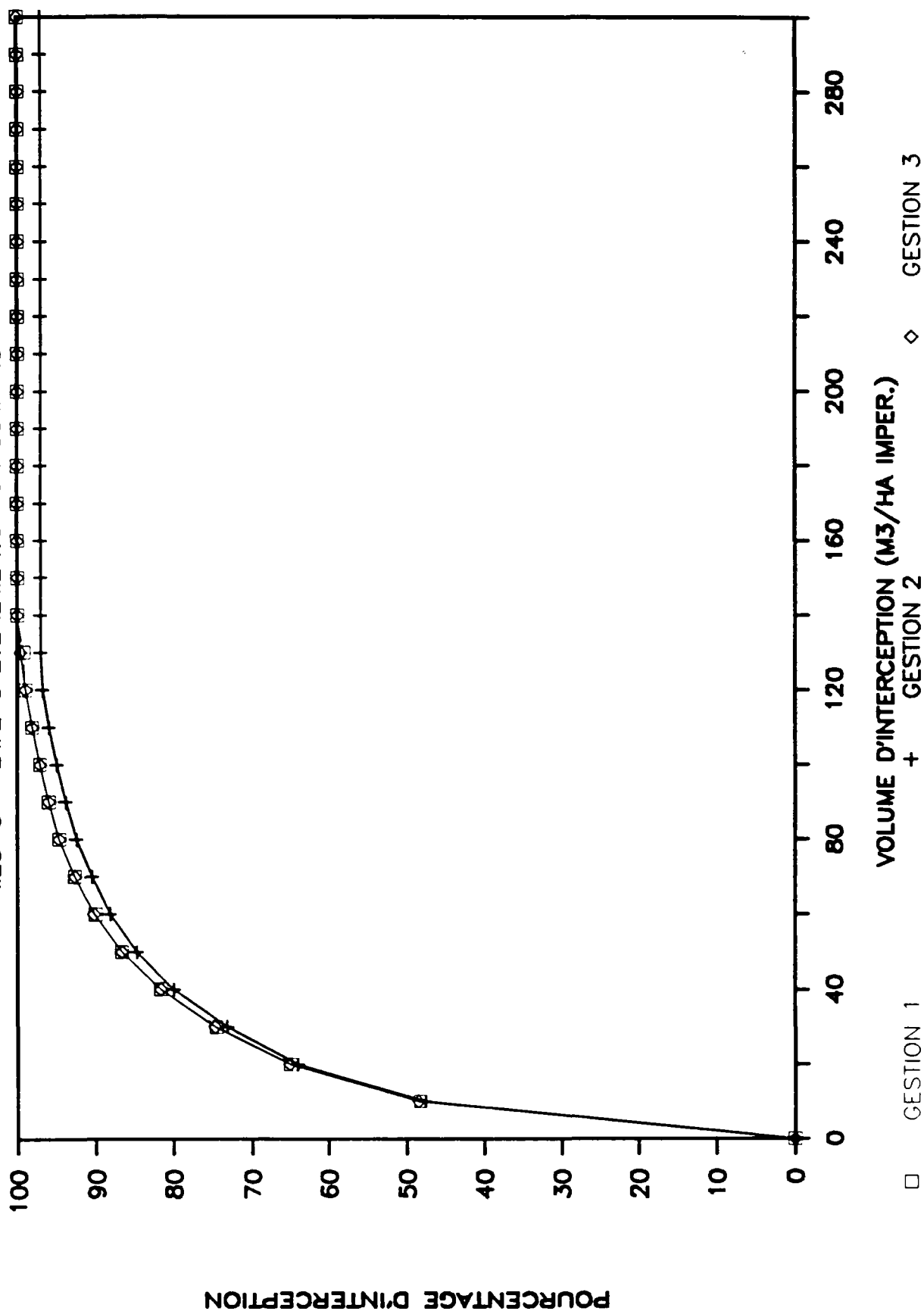
INTERCEPTION DES EVENEMENTS POLLUES

DB05--LES ULIS--GESTION3



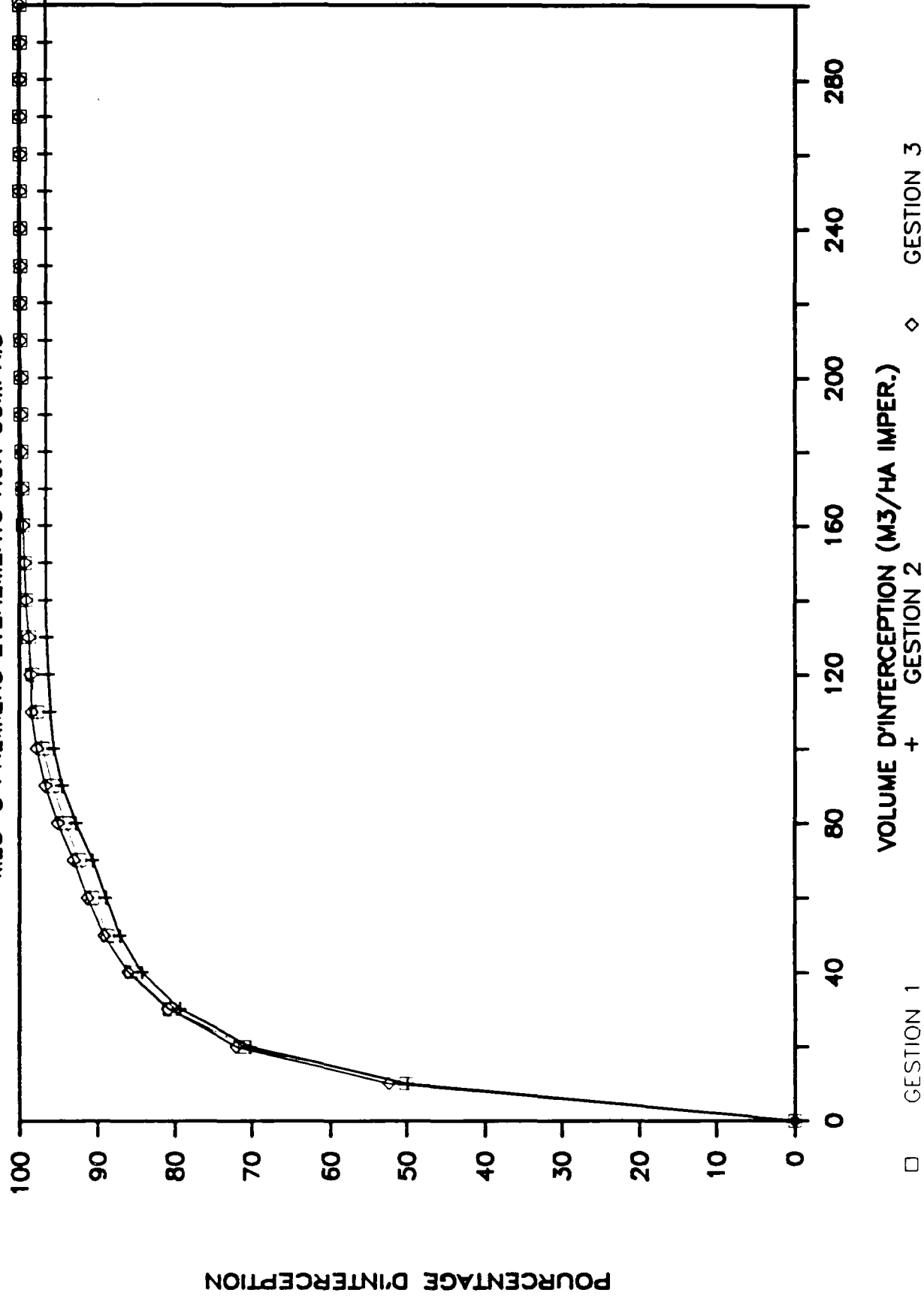
INTERCEPTION DES MASSES-AIX NORD

MES-5 PREMIERS EVENEMENTS NON COMPRIS



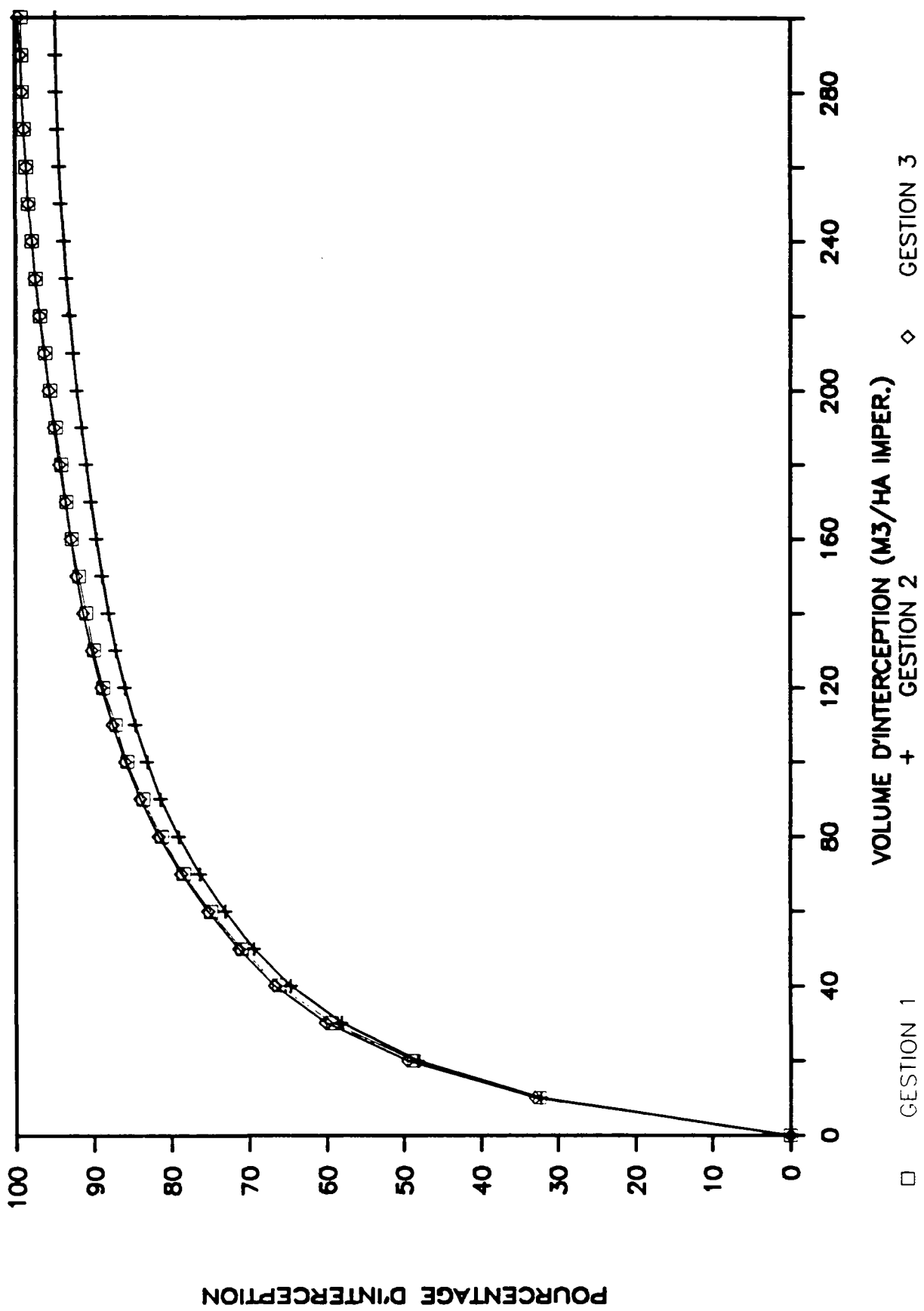
INTERCEPTION DES MASSES-AIX ZUP

MES-5 PREMIERS EVENEMENTS NON COMPRIS



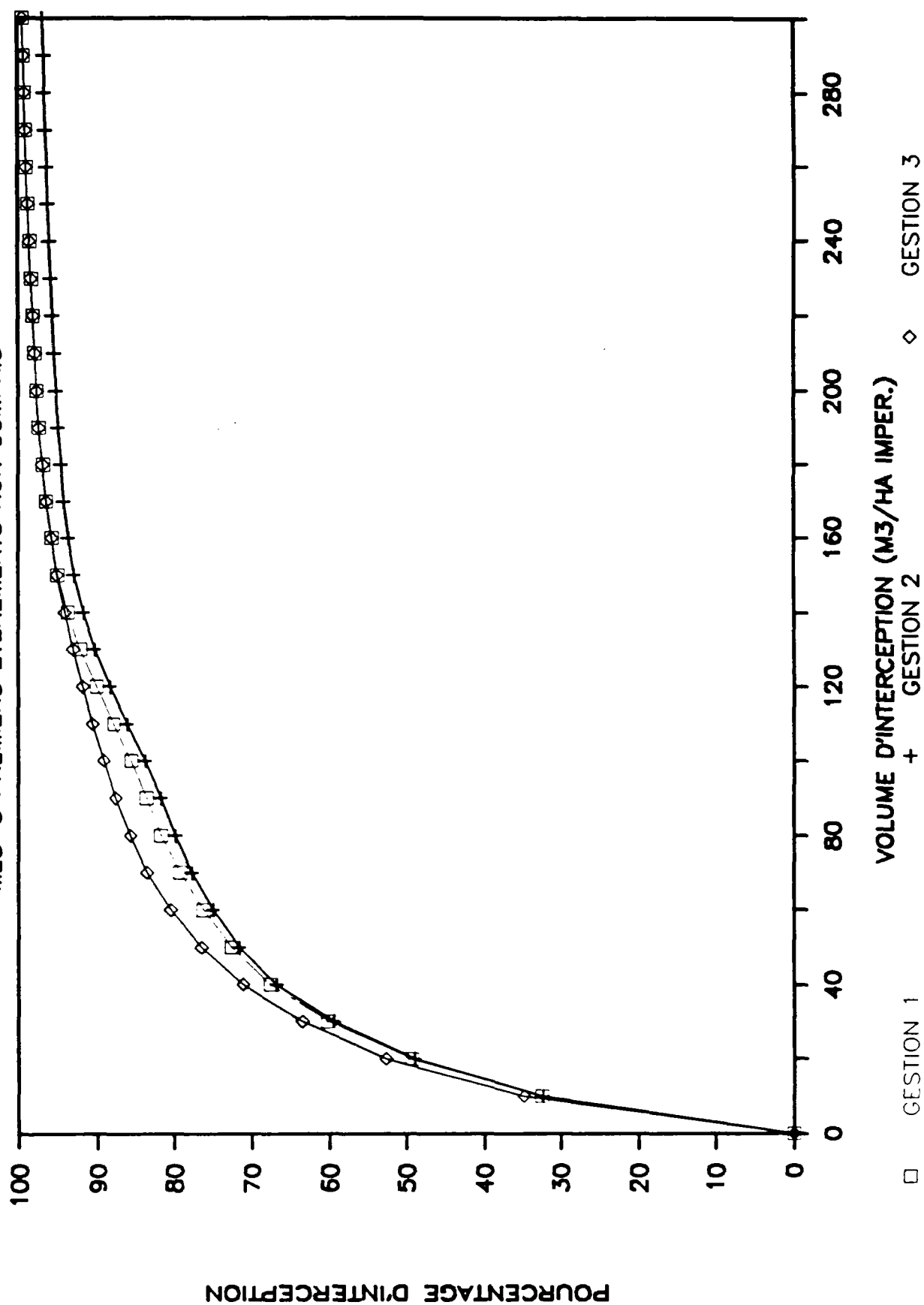
INTERCEPTION DES MASSES-MAUREPAS

MES-5 PREMIERS EVENEMENTS NON COMPRIS



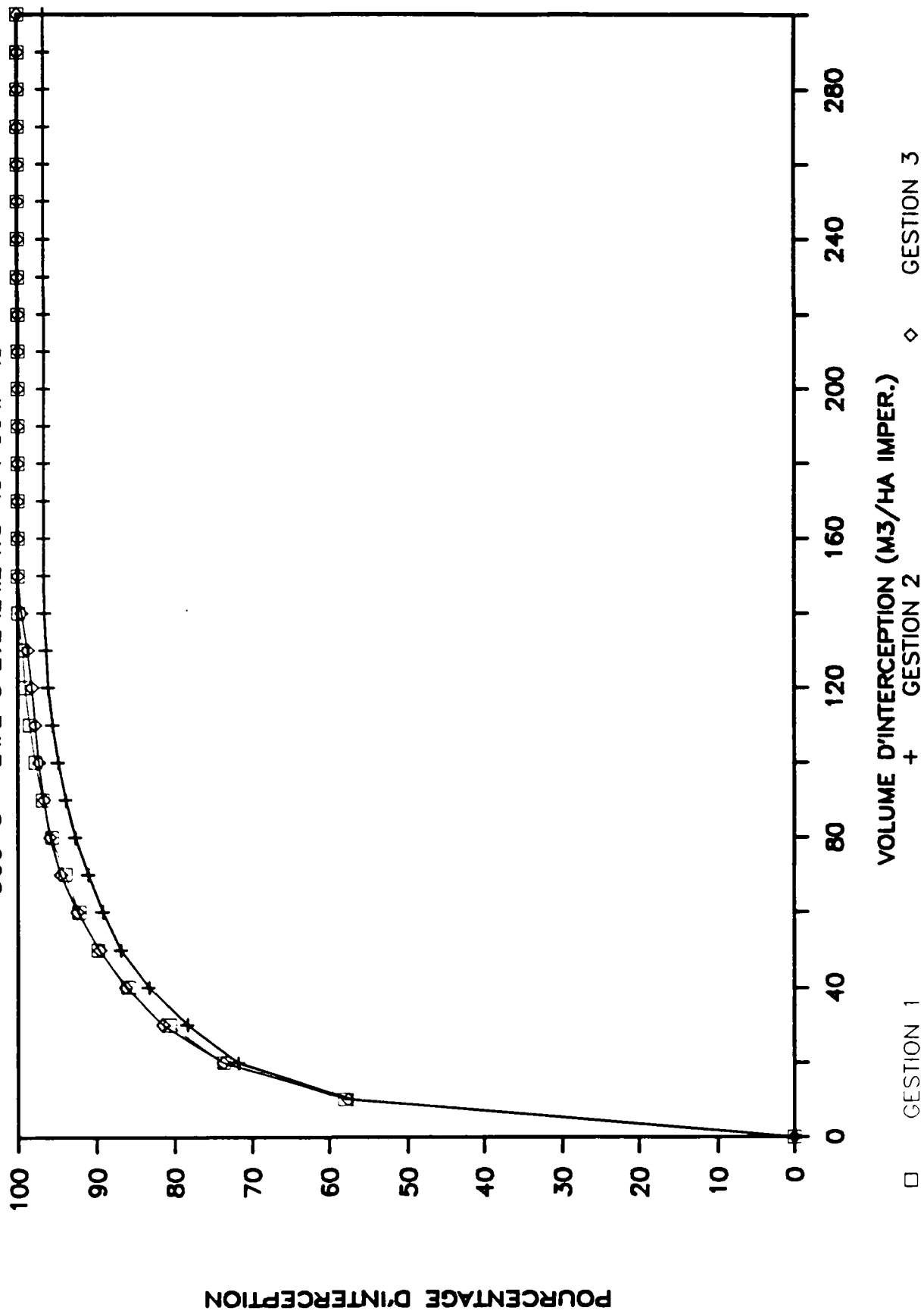
INTERCEPTION DES MASSES—LES ULIS

MES—5 PREMIERS EVENEMENTS NON COMPRIS



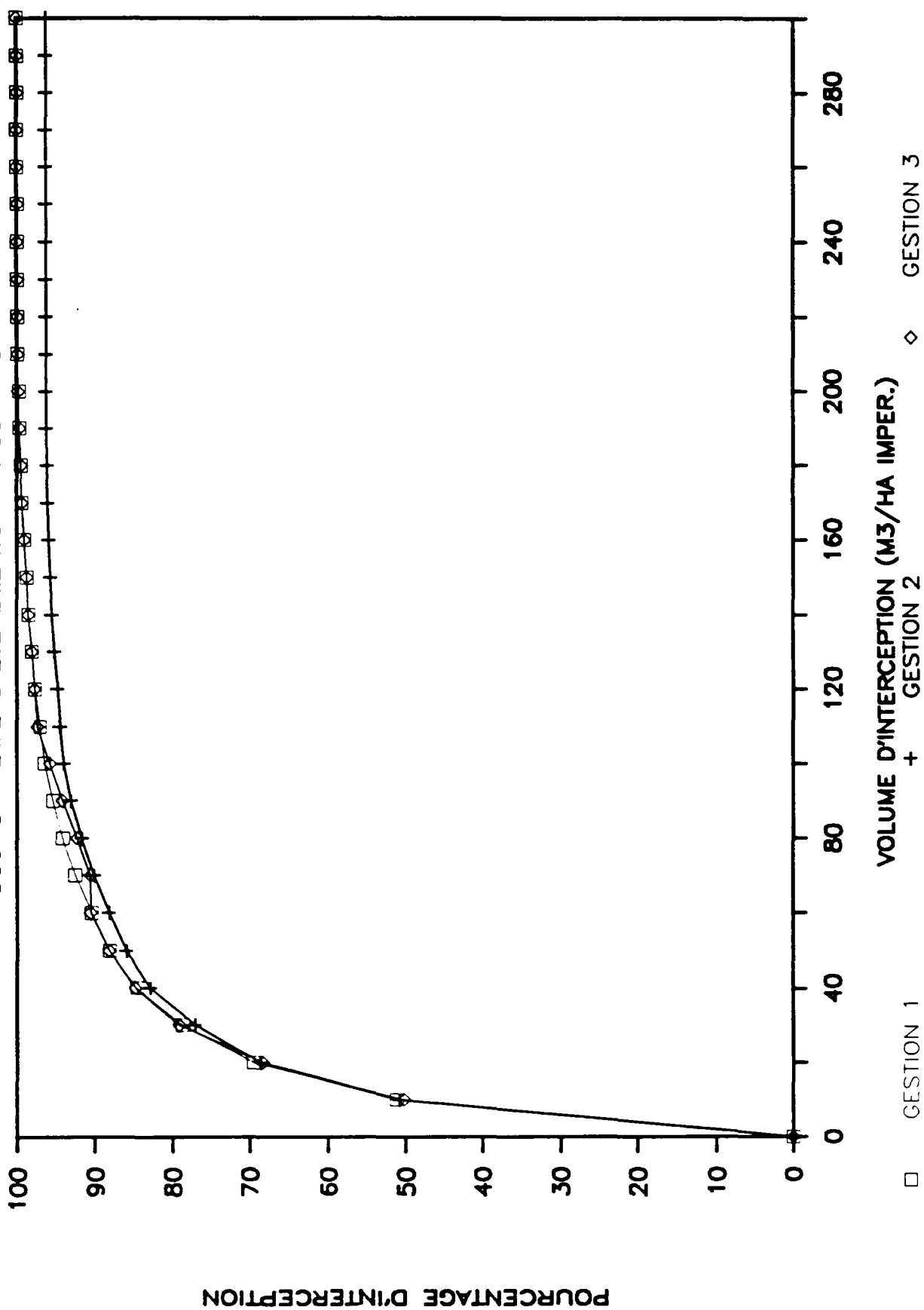
INTERCEPTION DES MASSES--AIX NORD

DCO--5 PREMIERS EVENEMENTS NON COMPRIS



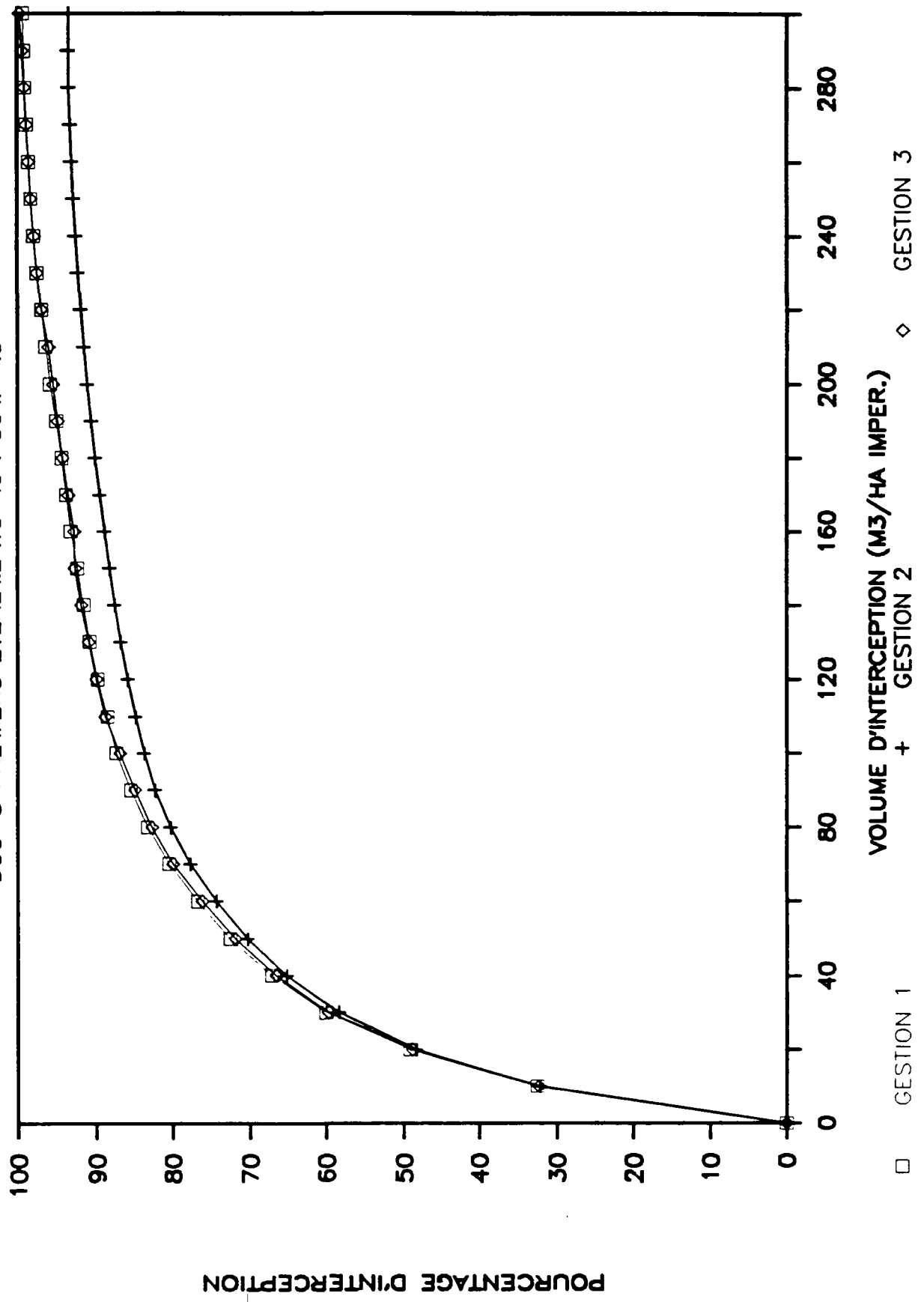
INTERCEPTION DES MASSES-AIX ZUP

DCO-5 PREMIERS EVENEMENTS NON COMPRIS



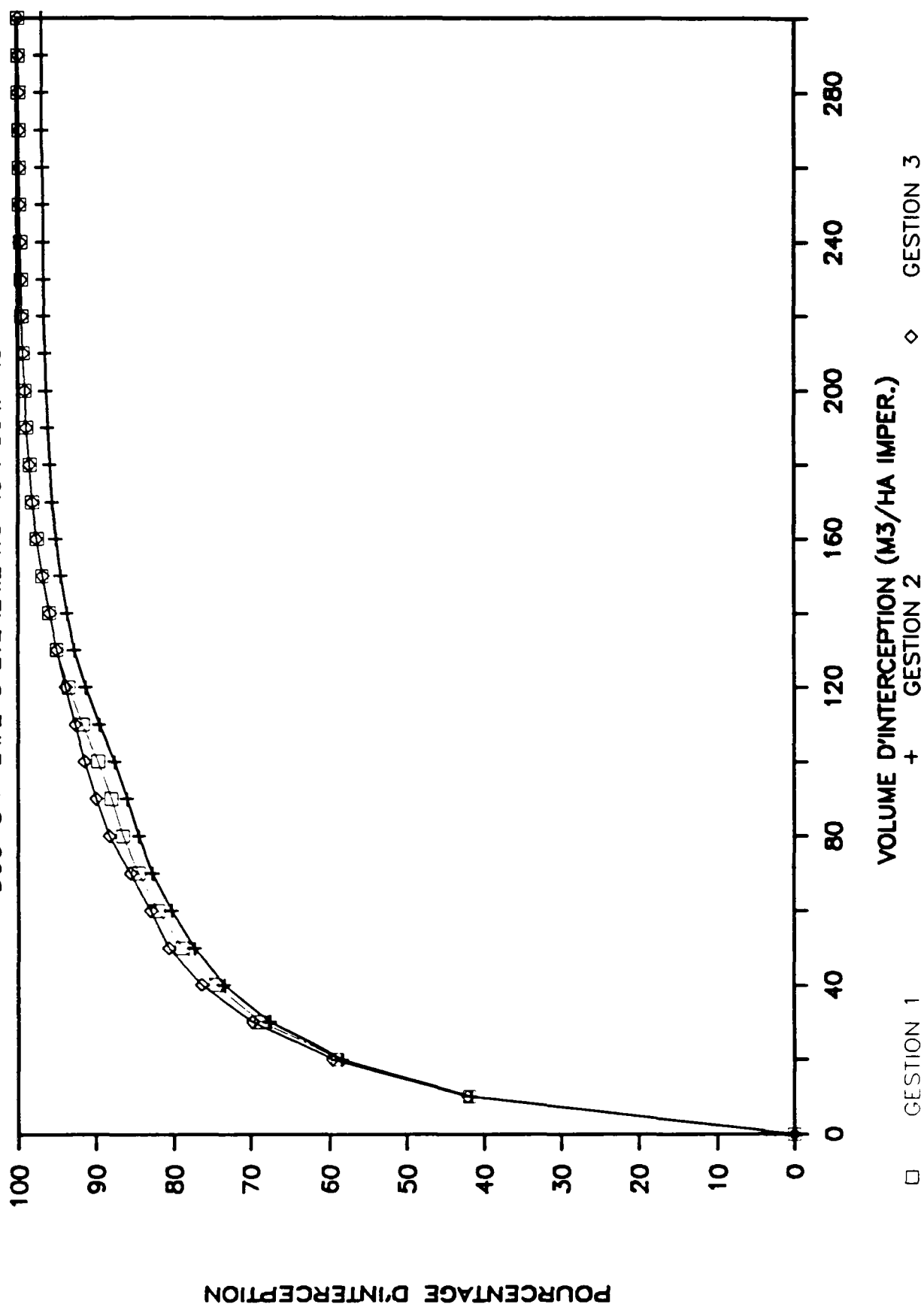
INTERCEPTION DES MASSES - MAUREPAS

DCO-5 PREMIERS EVENEMENTS NON COMPRIS



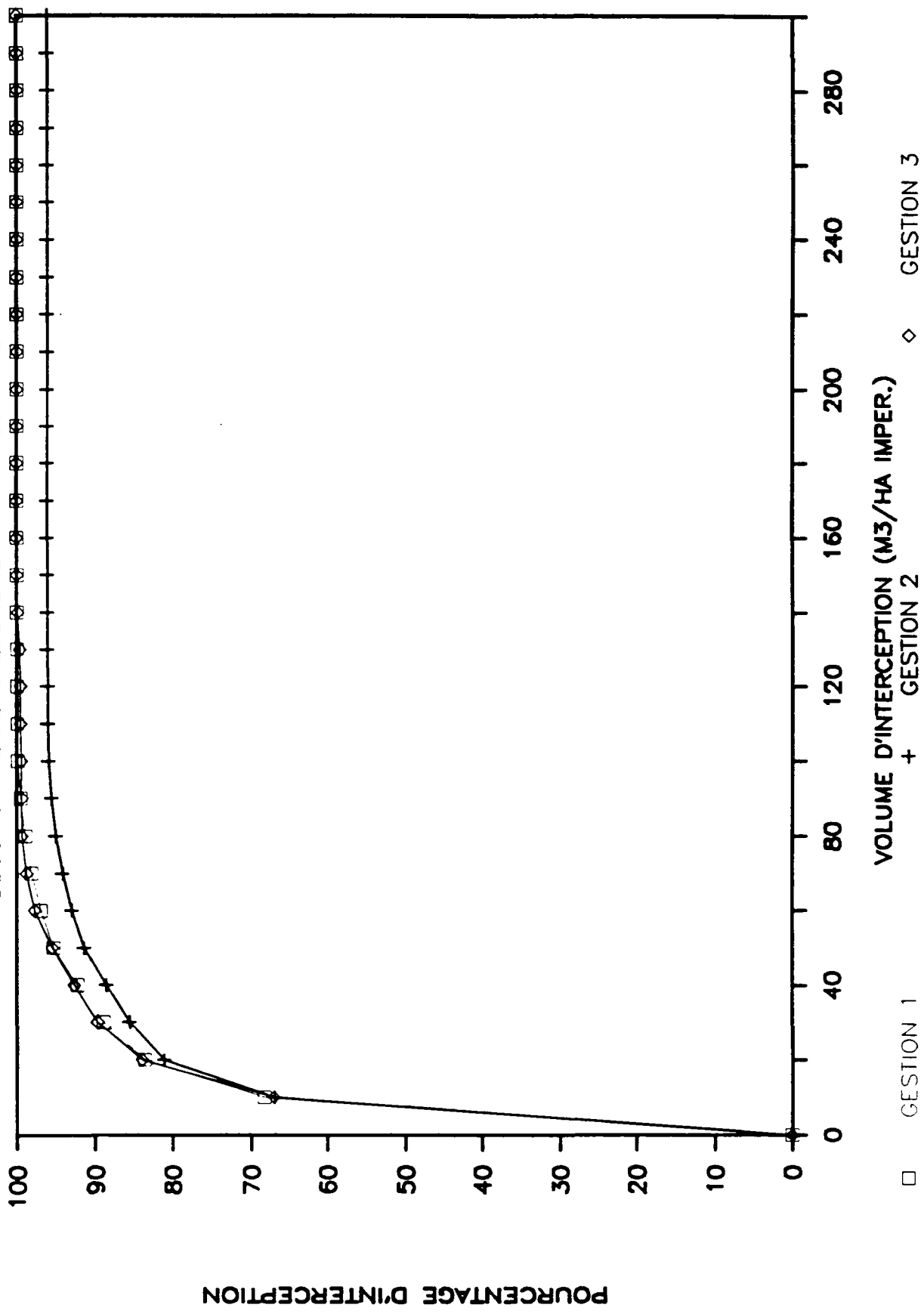
INTERCEPTION DES MASSES—LES ULIS

DCO—5 PREMIERS EVENEMENTS NON COMPRIS



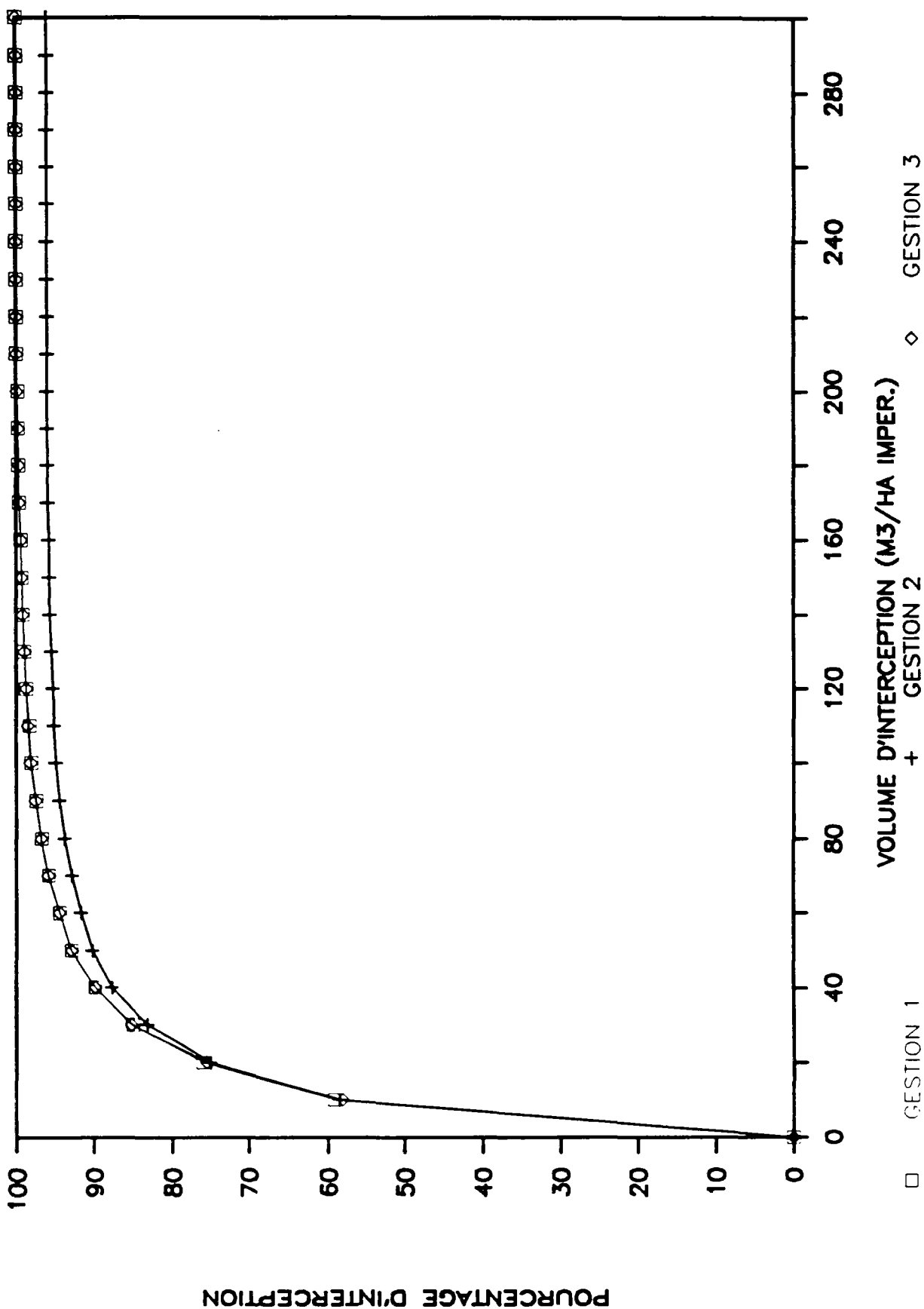
INTERCEPTION DES MASSES - AIX NORD

DBO5-5 PREMIERS EVENEMENTS NON COMPRIS



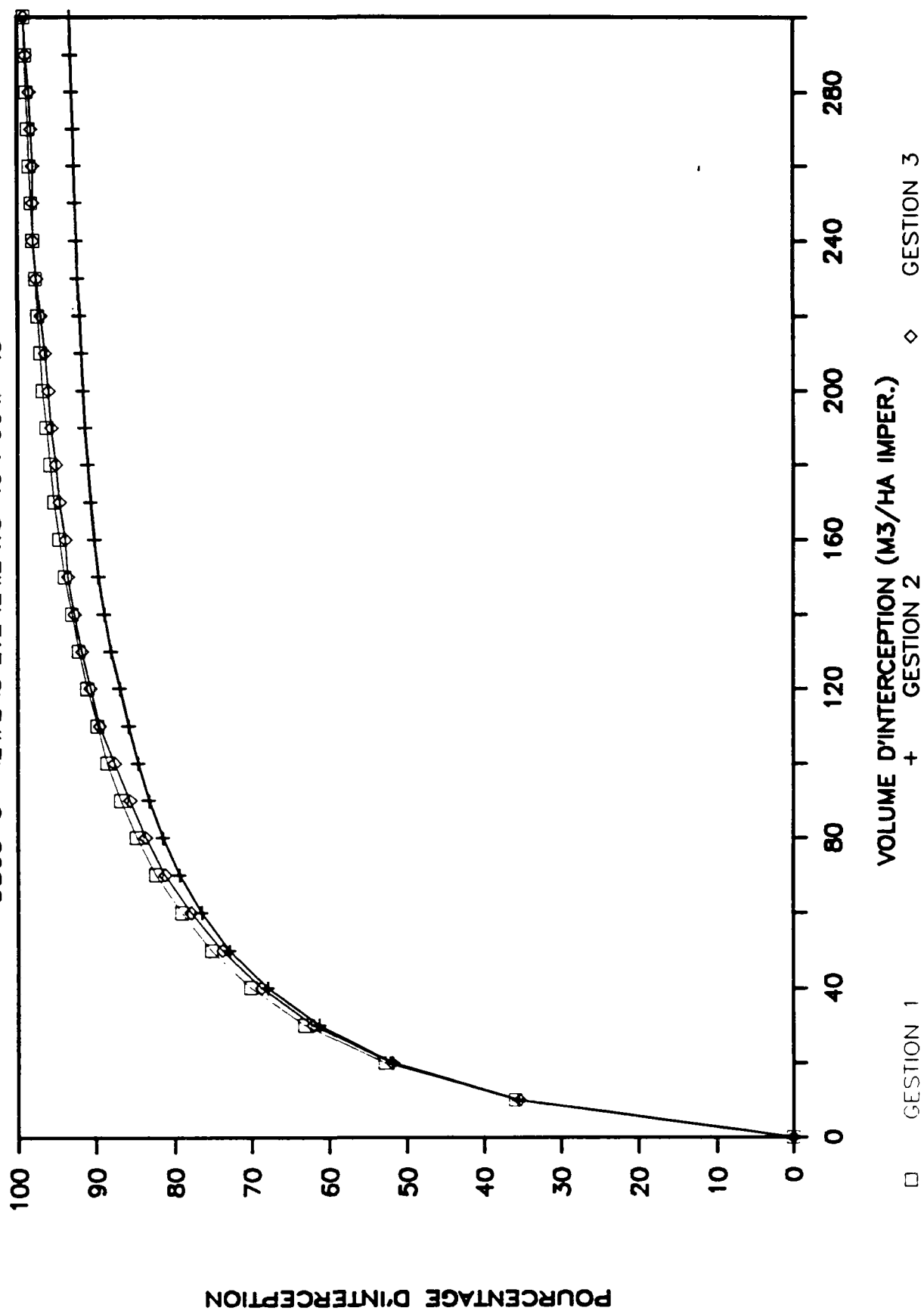
INTERCEPTION DES MASSES-AIX ZUP

DBO5-5 PREMIERS EVENEMENTS NON COMPRIS



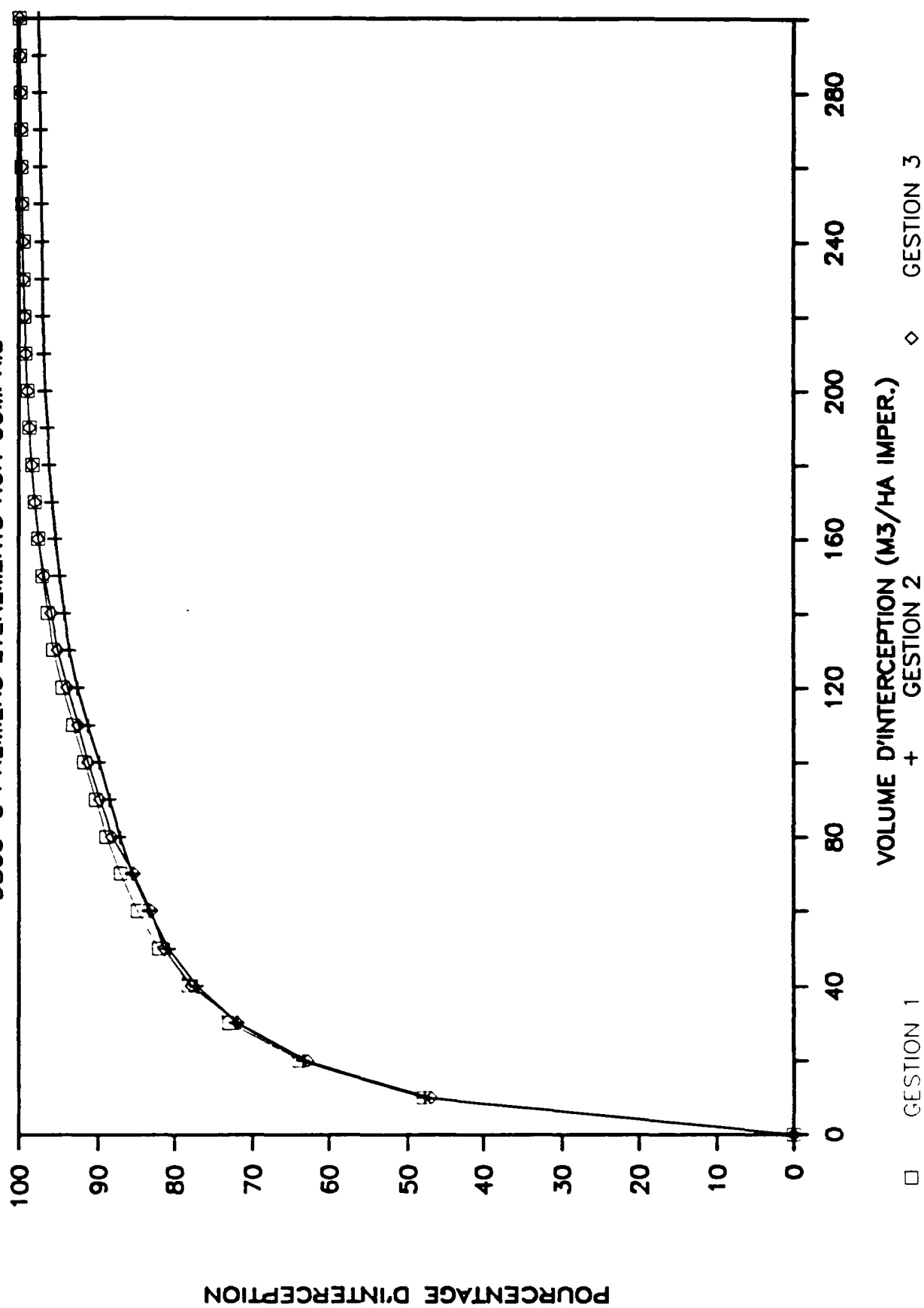
INTERCEPTION DES MASSES-MAUREPAS

DB05-5 PREMIERS EVENEMENTS NON COMPRIS



INTERCEPTION DES MASSES—LES ULIS

DB05--5 PREMIERS EVENEMENTS NON COMPRIS

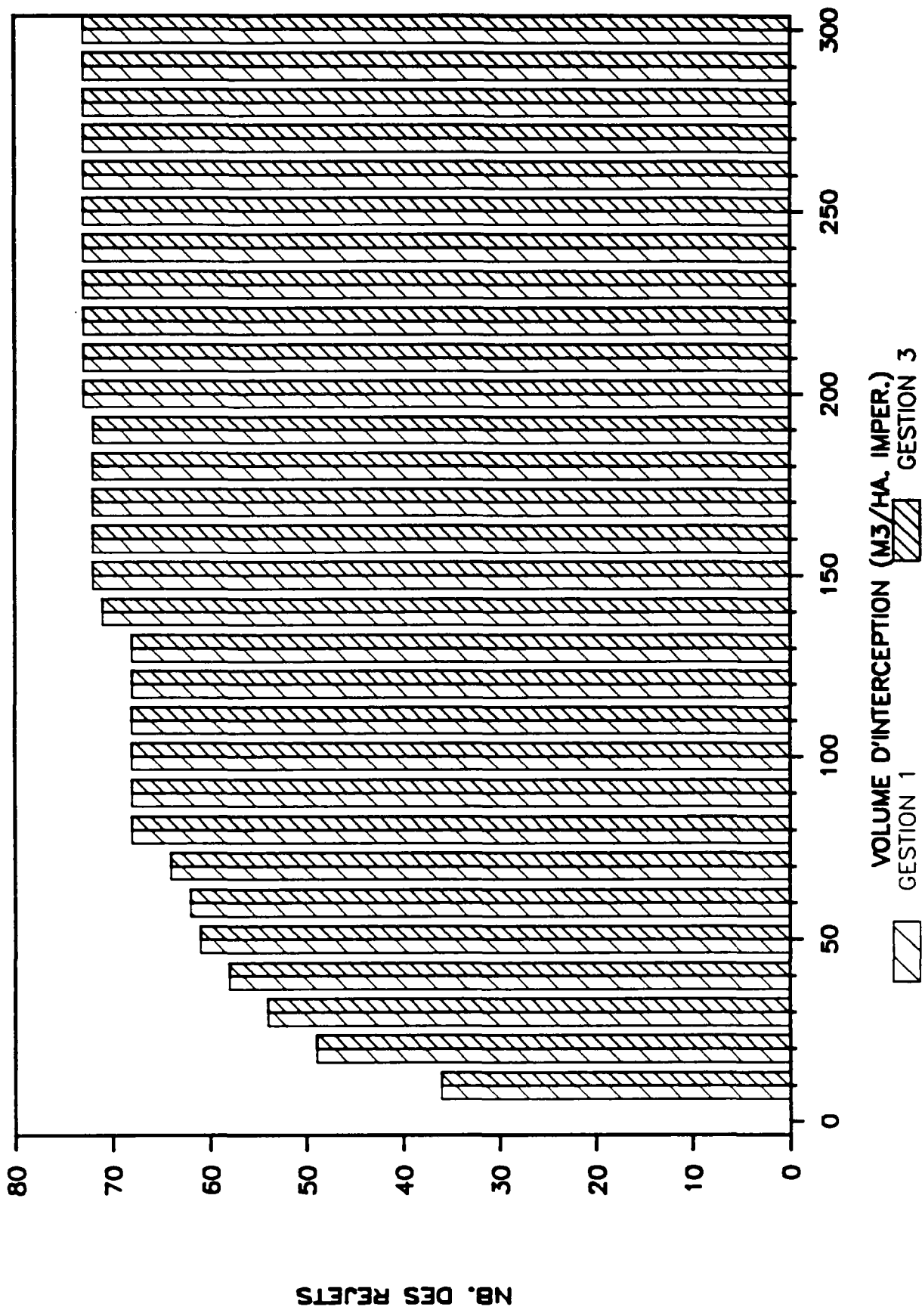


ANNEXES C 4.3

Efficacité des capacités de stockage dans la diminution du nombre des rejets vers le milieu naturel

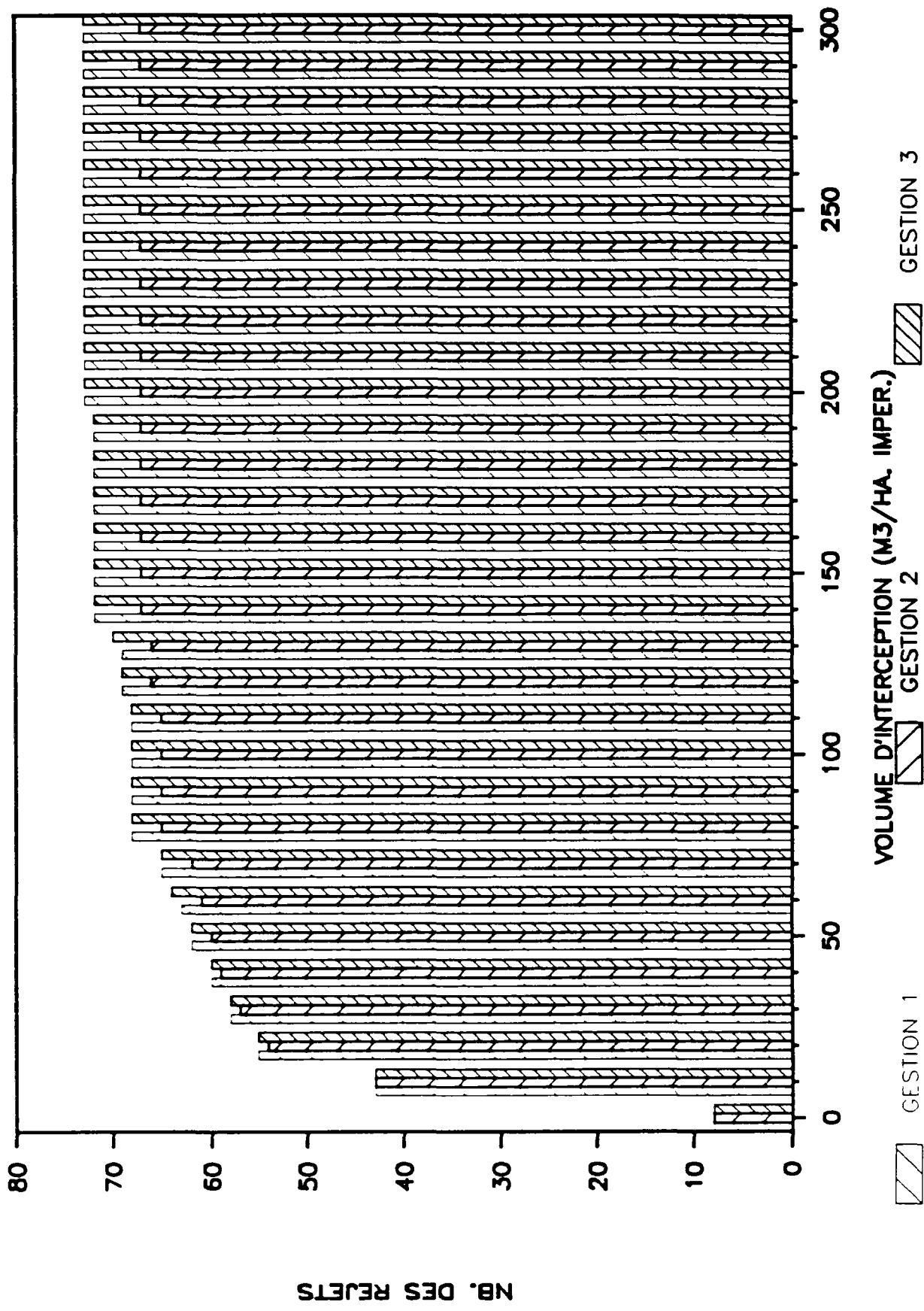
NB. DES EVENEMENTS (REJET = 0 KG)

MES-AIX NORD



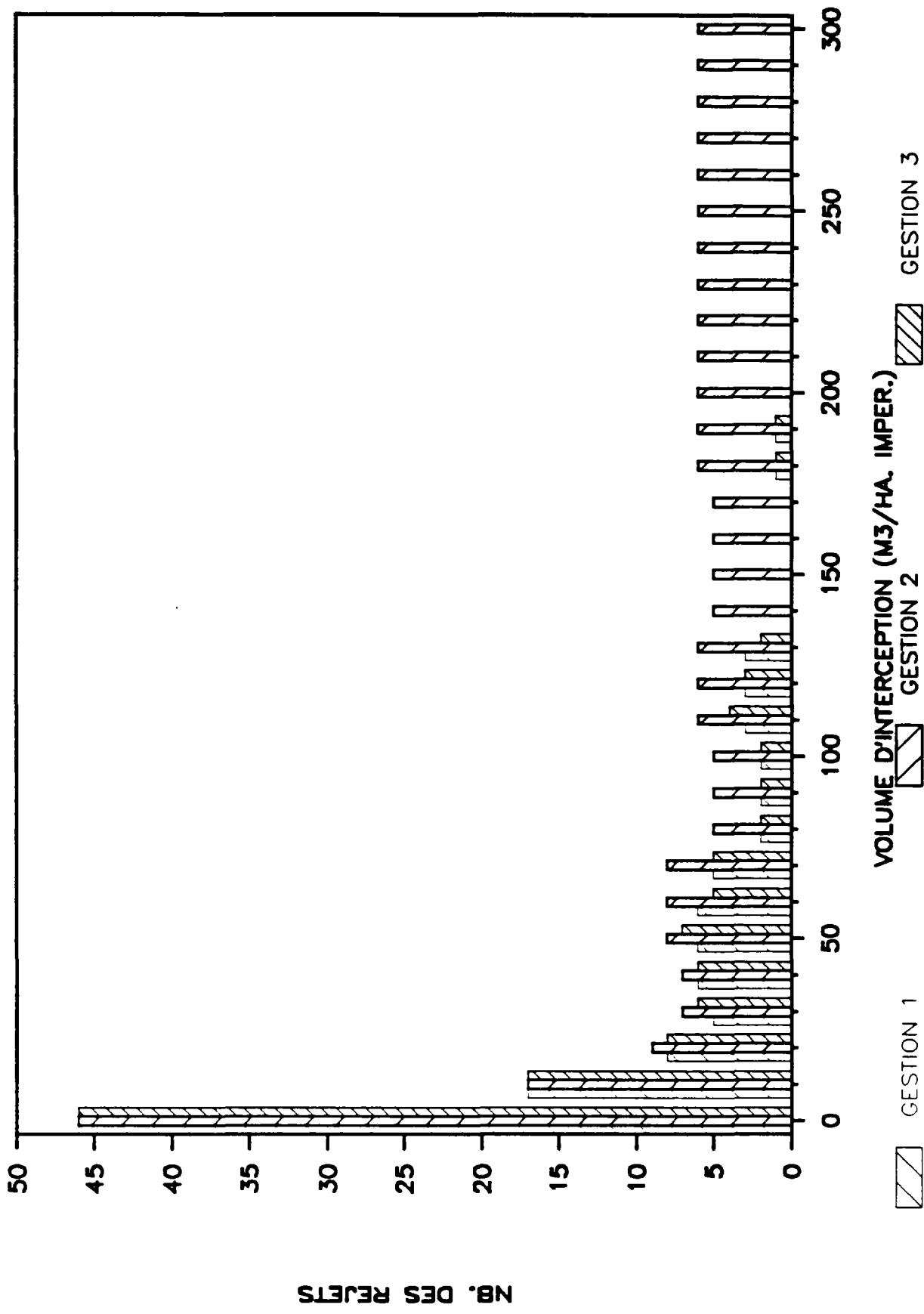
NB. DES REJETS (< 0.1% CHARGE ANNUELLE)

MES-AIX NORD



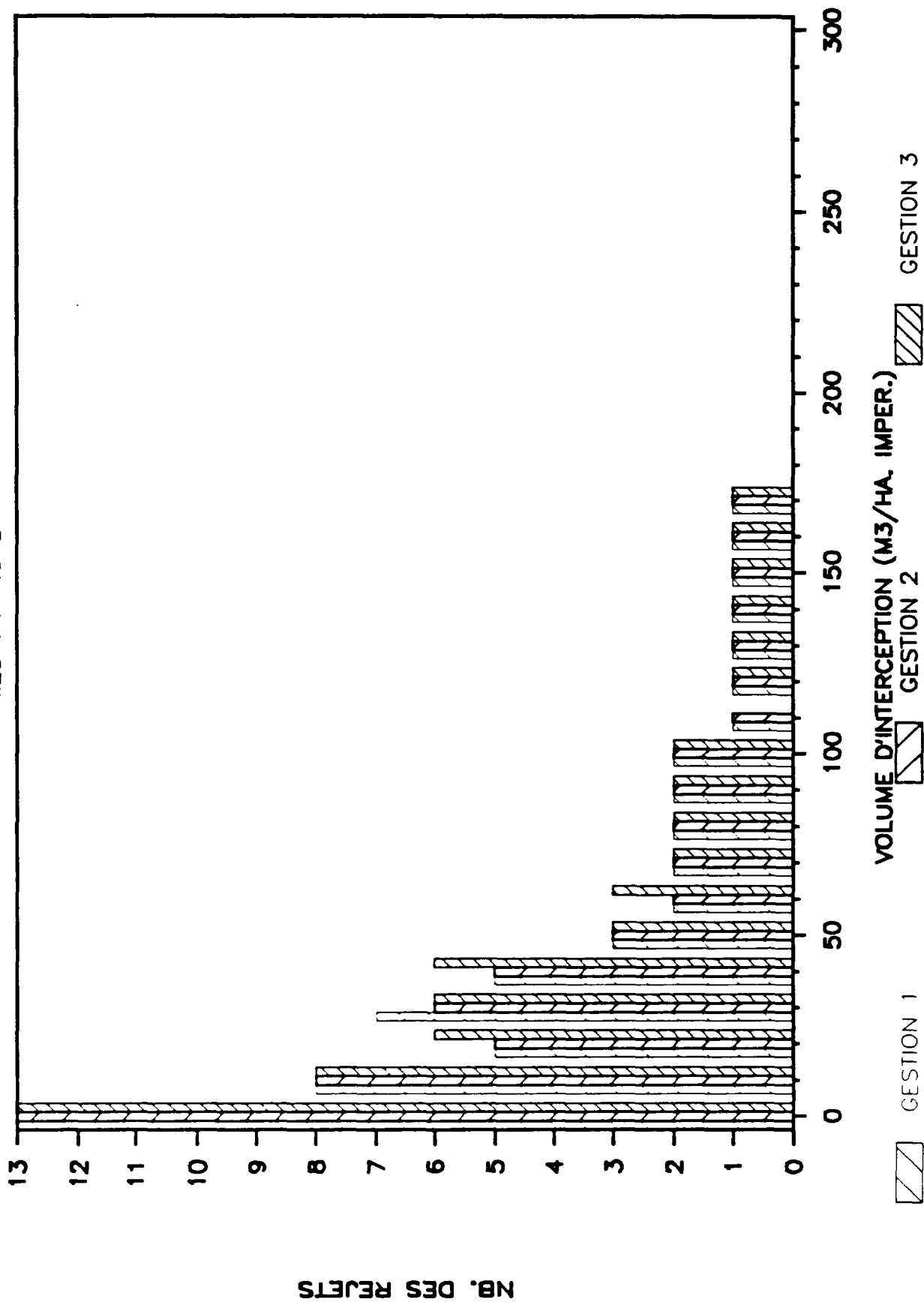
NB. DES REJETS(0.1%<= <1% MASSE PAR AN)

MES-AIX NORD



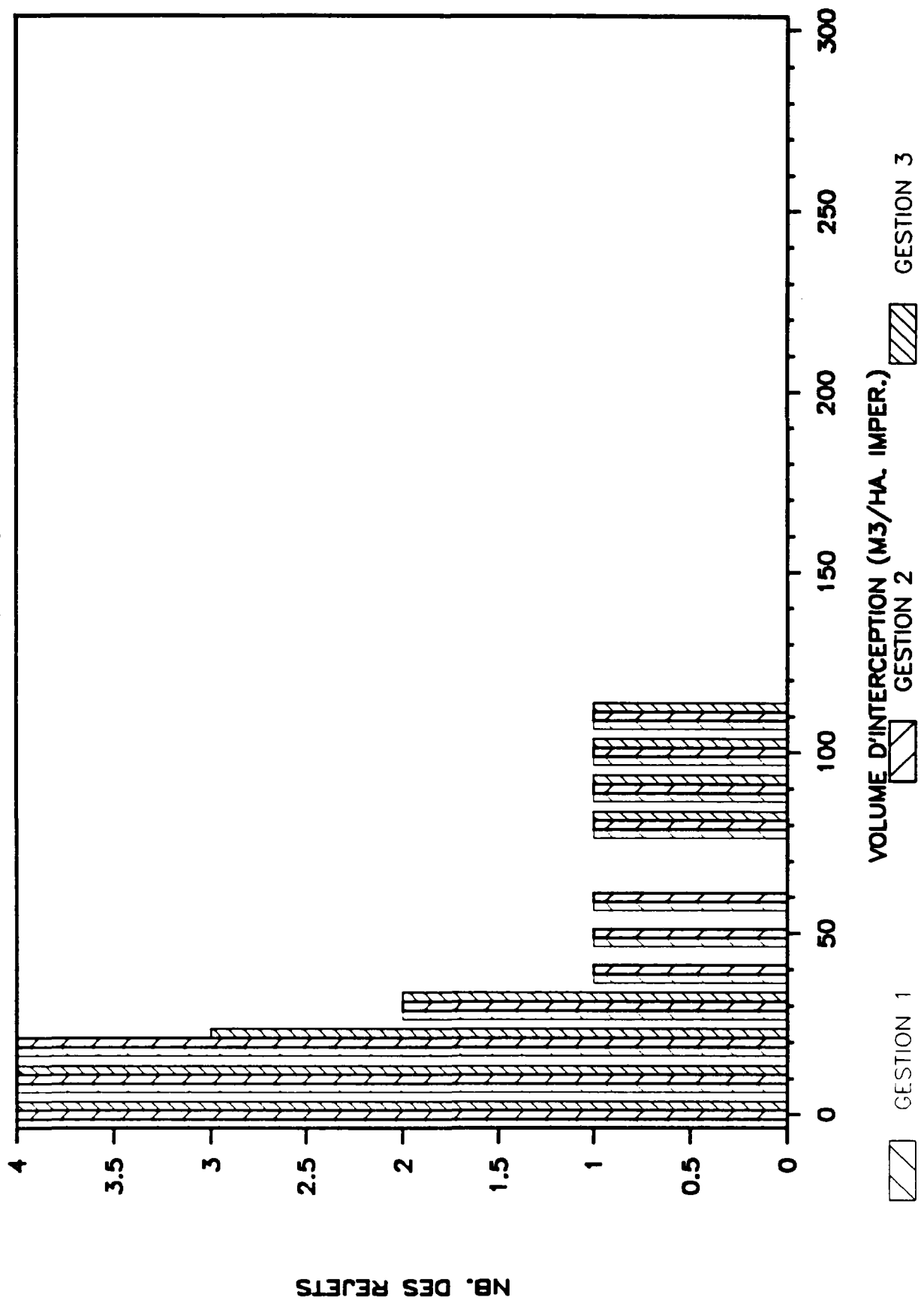
NB. DES REJETS(1%<= <5% MASSE PAR AN)

MES-AIX NORD



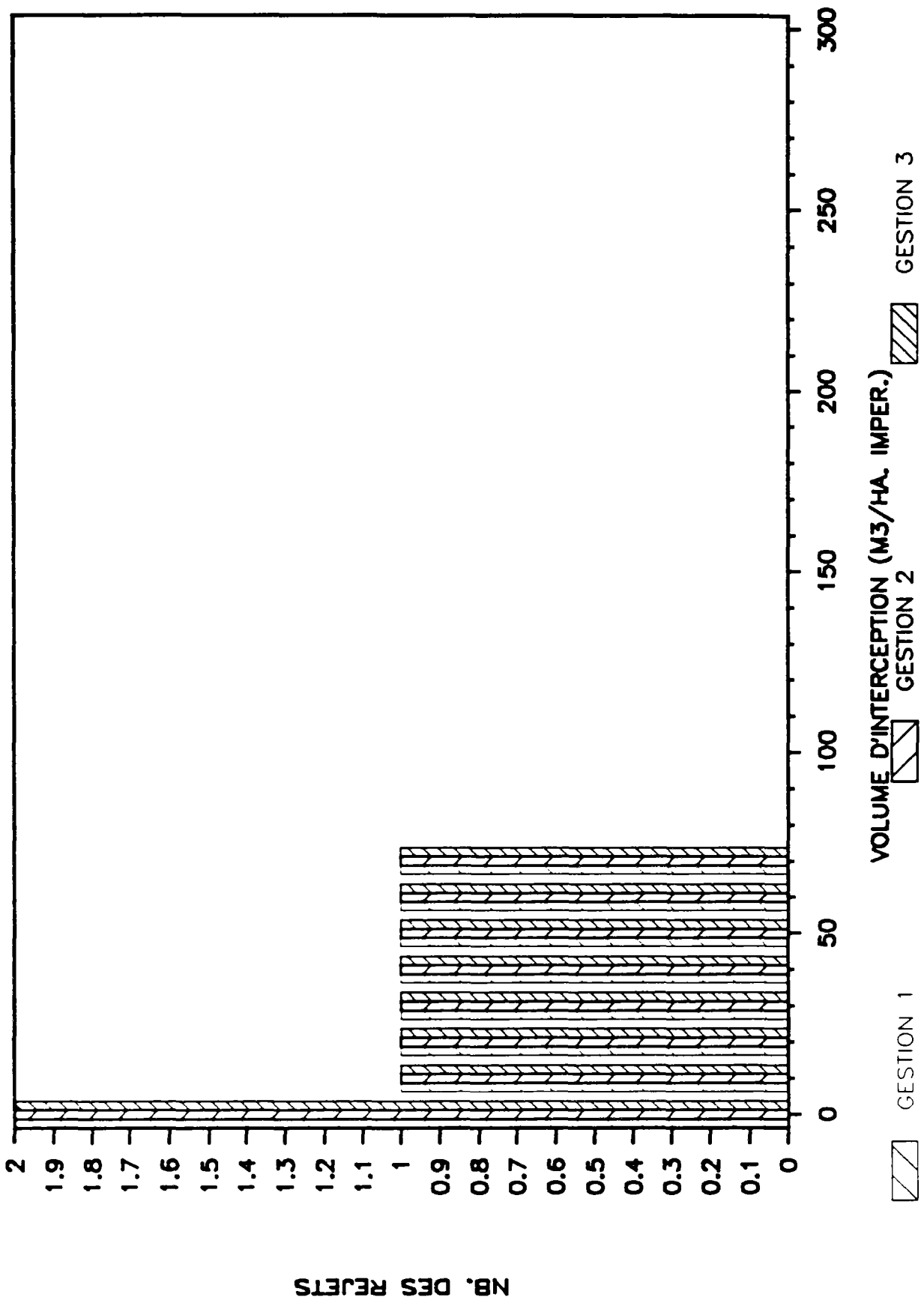
NB. DES REJETS (5% <= <10% MASSE PAR AN)

MES-AIX NORD



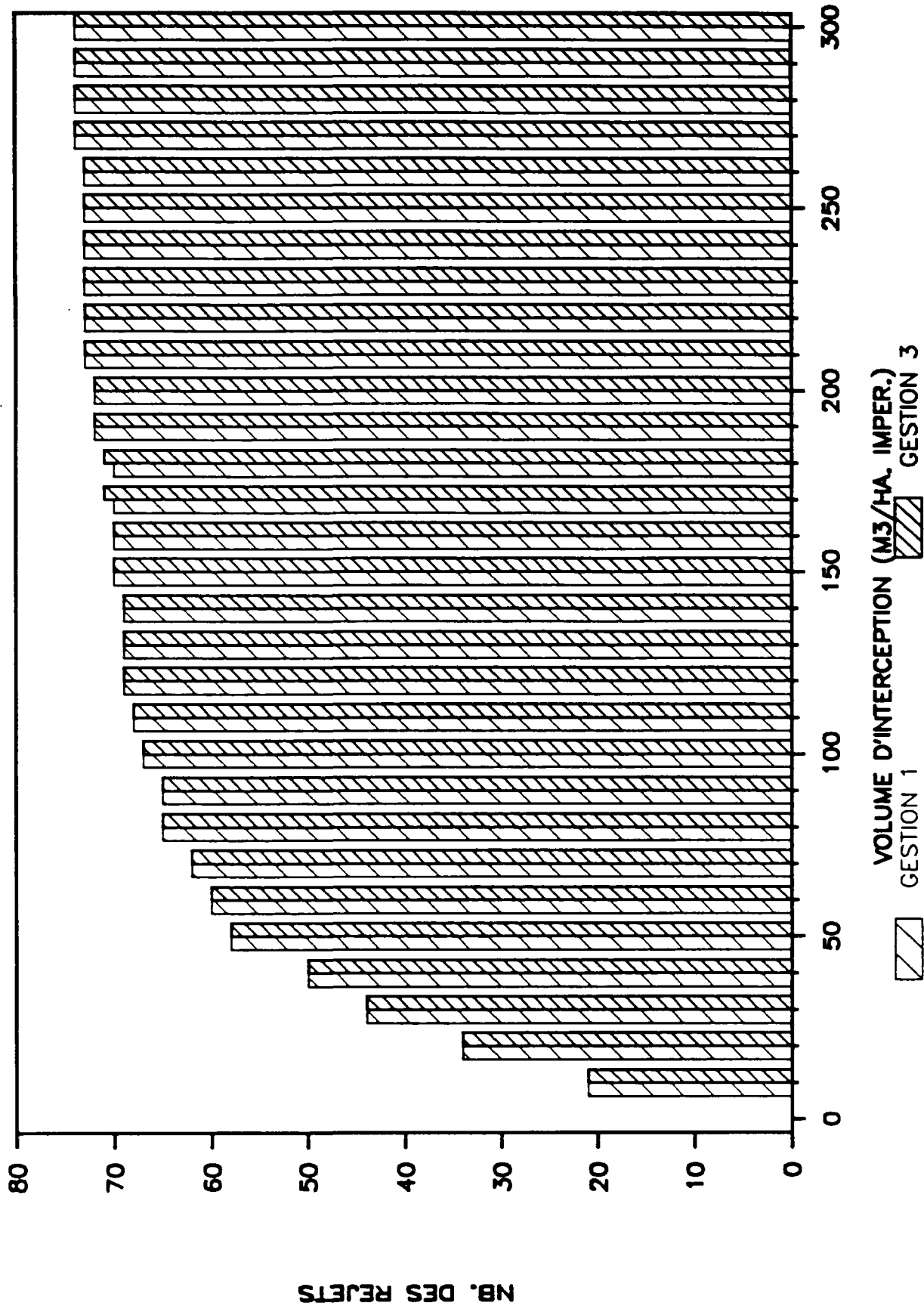
NB. DES REJETS ($\geq 10\%$ CHARGE ANNUELLE)

MES-AIX NORD



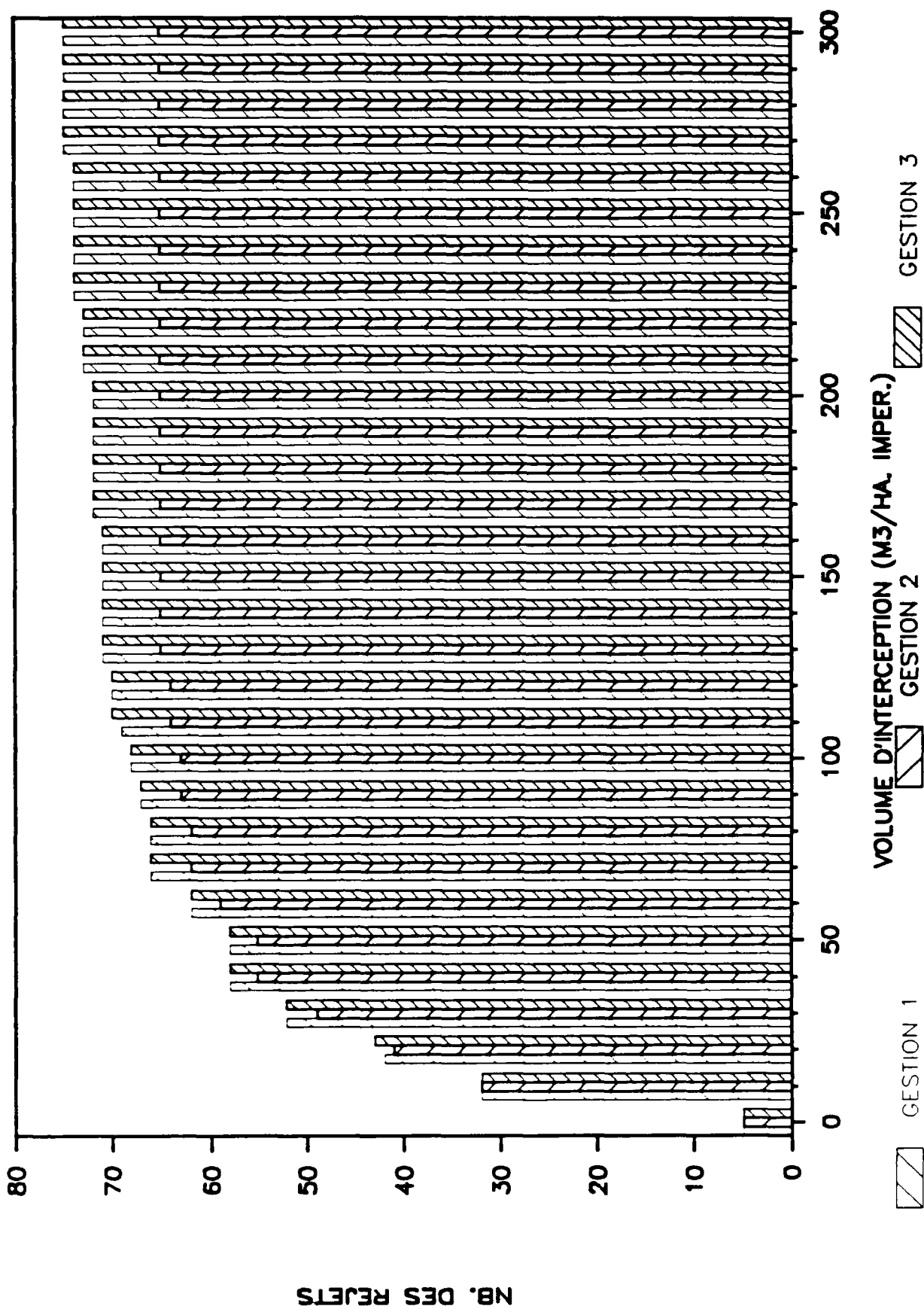
NB. DES EVENEMENTS (REJET = 0 KG)

MES--AIX ZUP



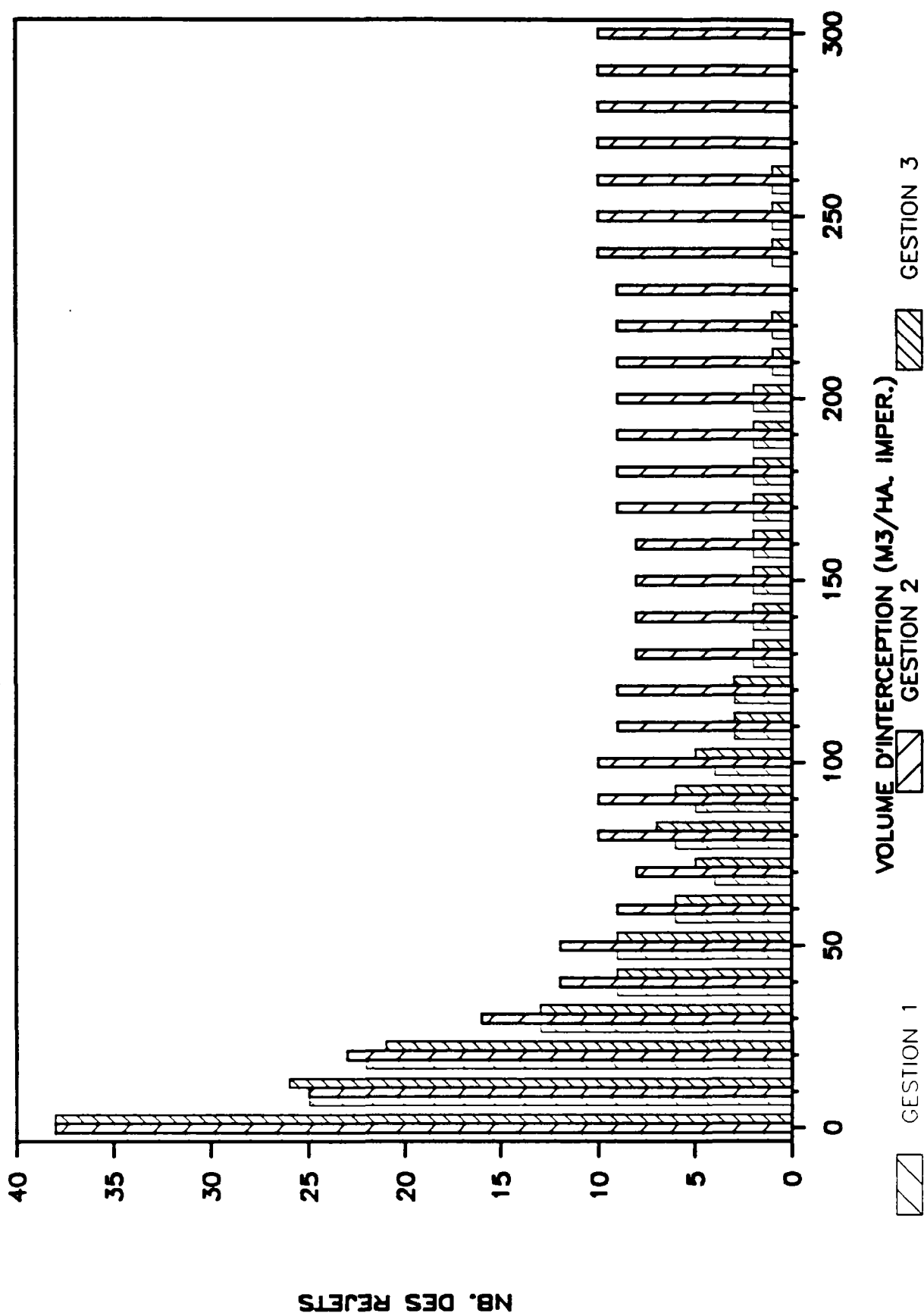
NB. DES REJETS (< 0.1% CHARGE ANNUELLE)

MES-AIX ZUP



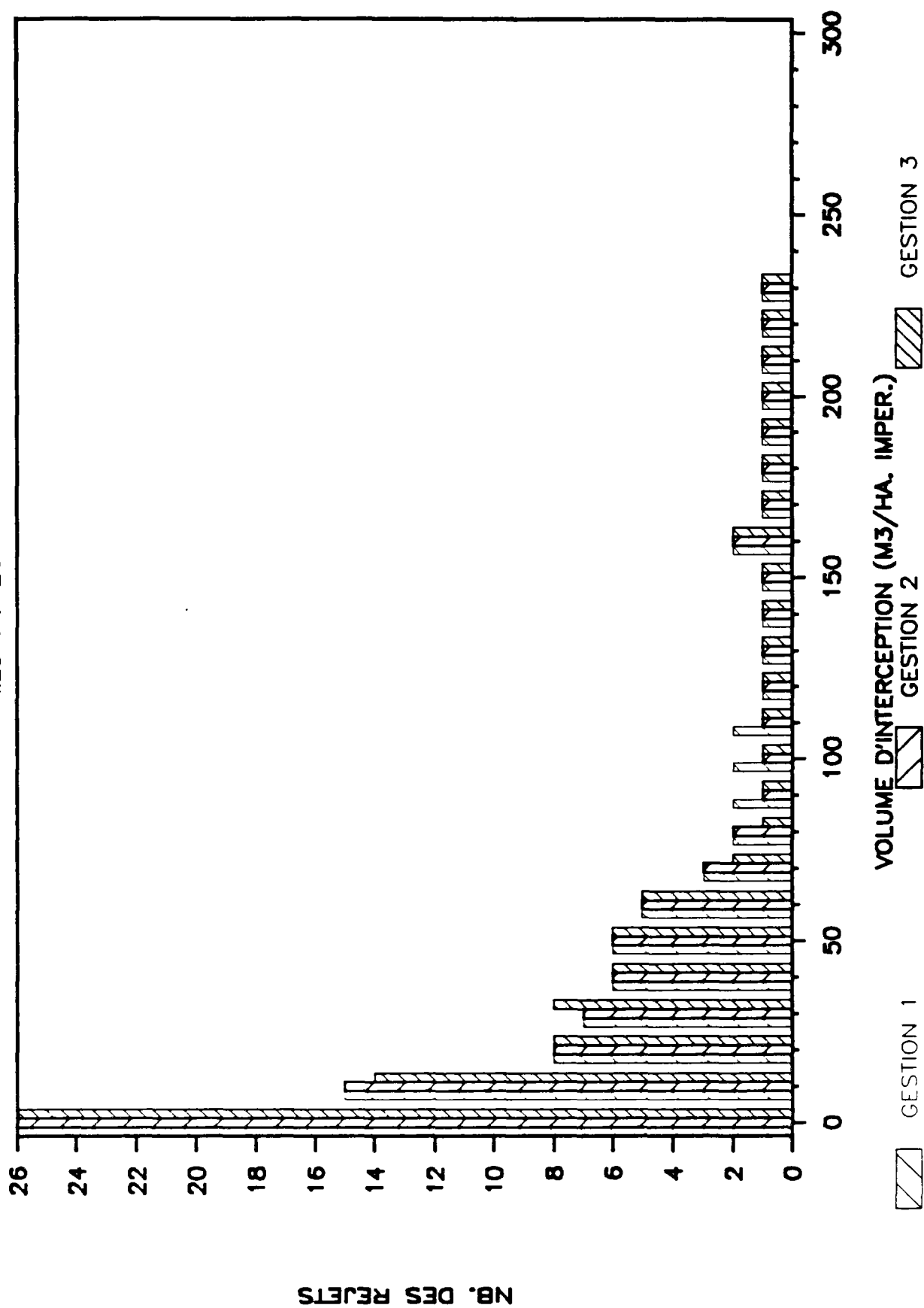
NB. DES REJETS(0.1%<= <1% MASSE PAR AN)

MES--AIX ZUP



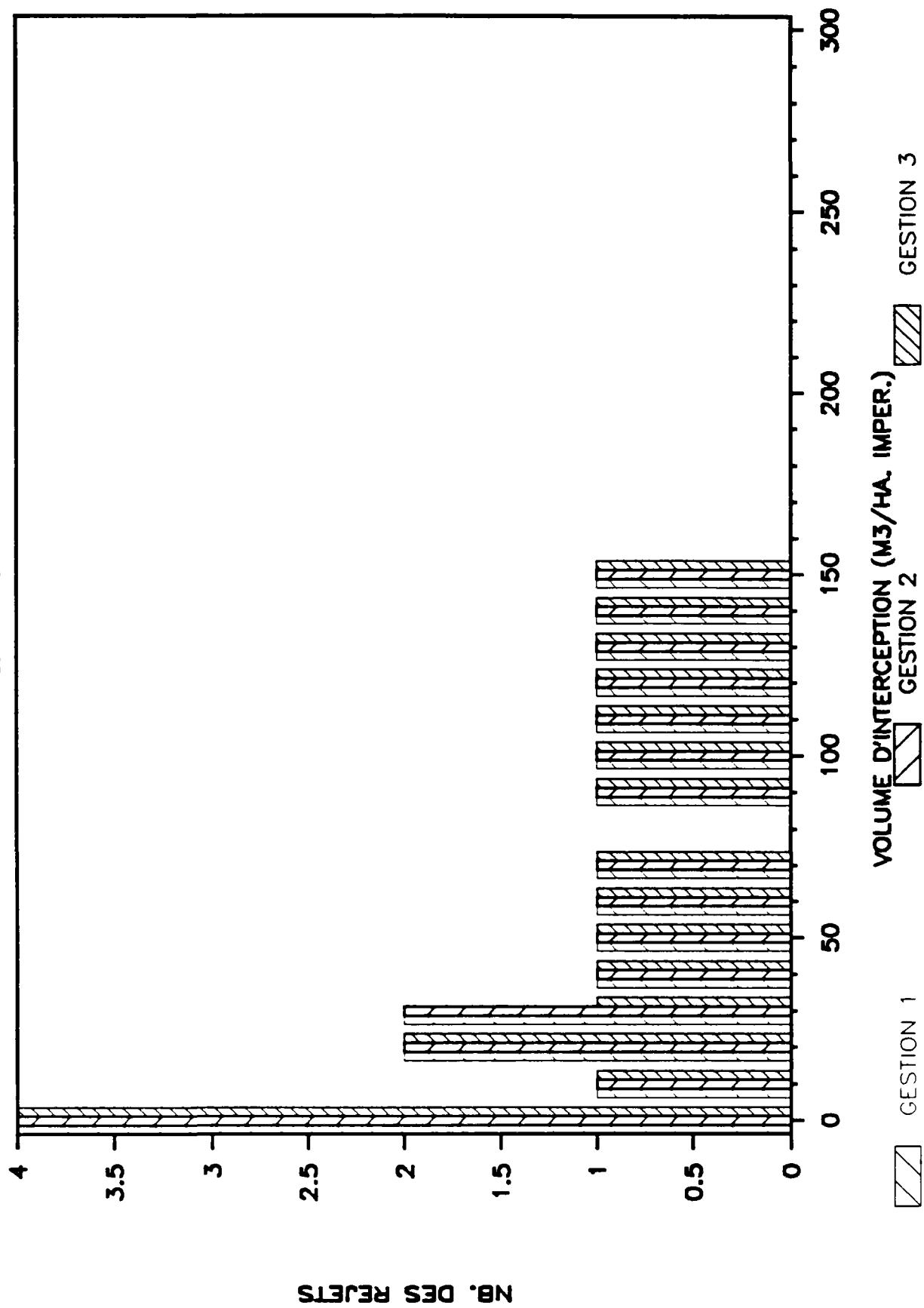
NB. DES REJETS(1%≤ <5% MASSE PAR AN)

MES-AIX ZUP



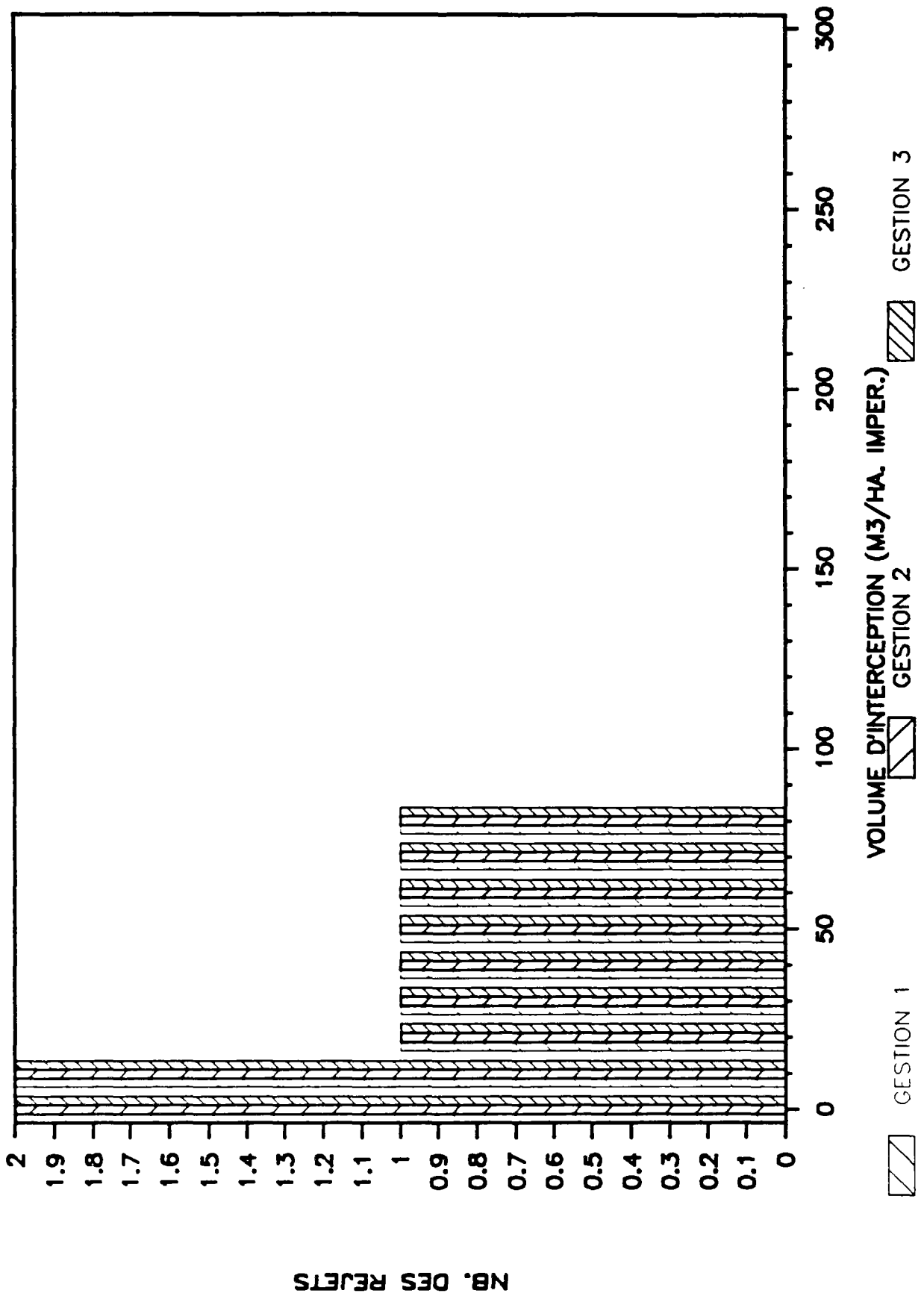
NB. DES REJETS (5% <= <10% MASSE PAR AN)

MES--AIX ZUP



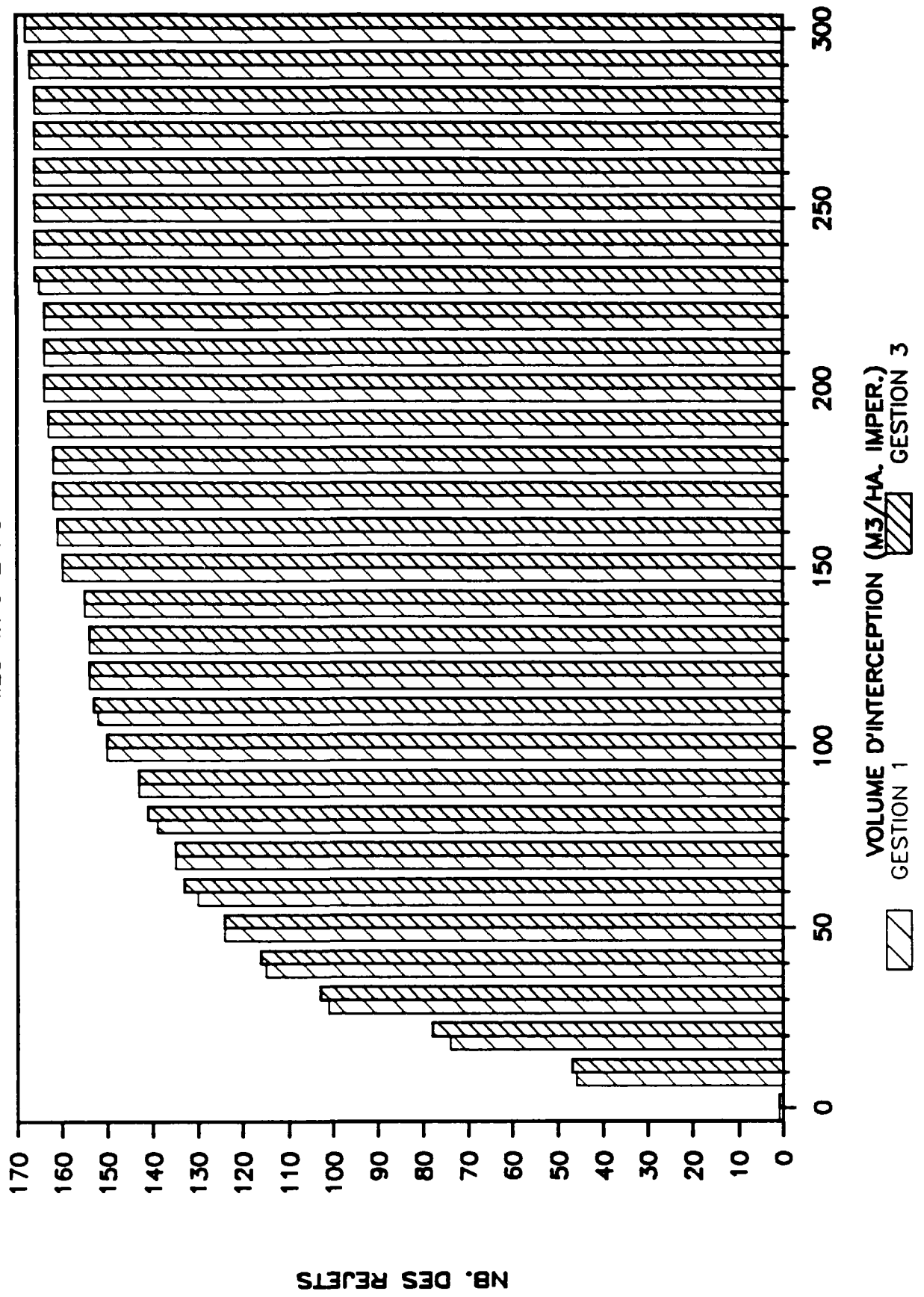
NB. DES REJETS ($\geq 10\%$ CHARGE ANNUELLE)

MES-AIX ZUP



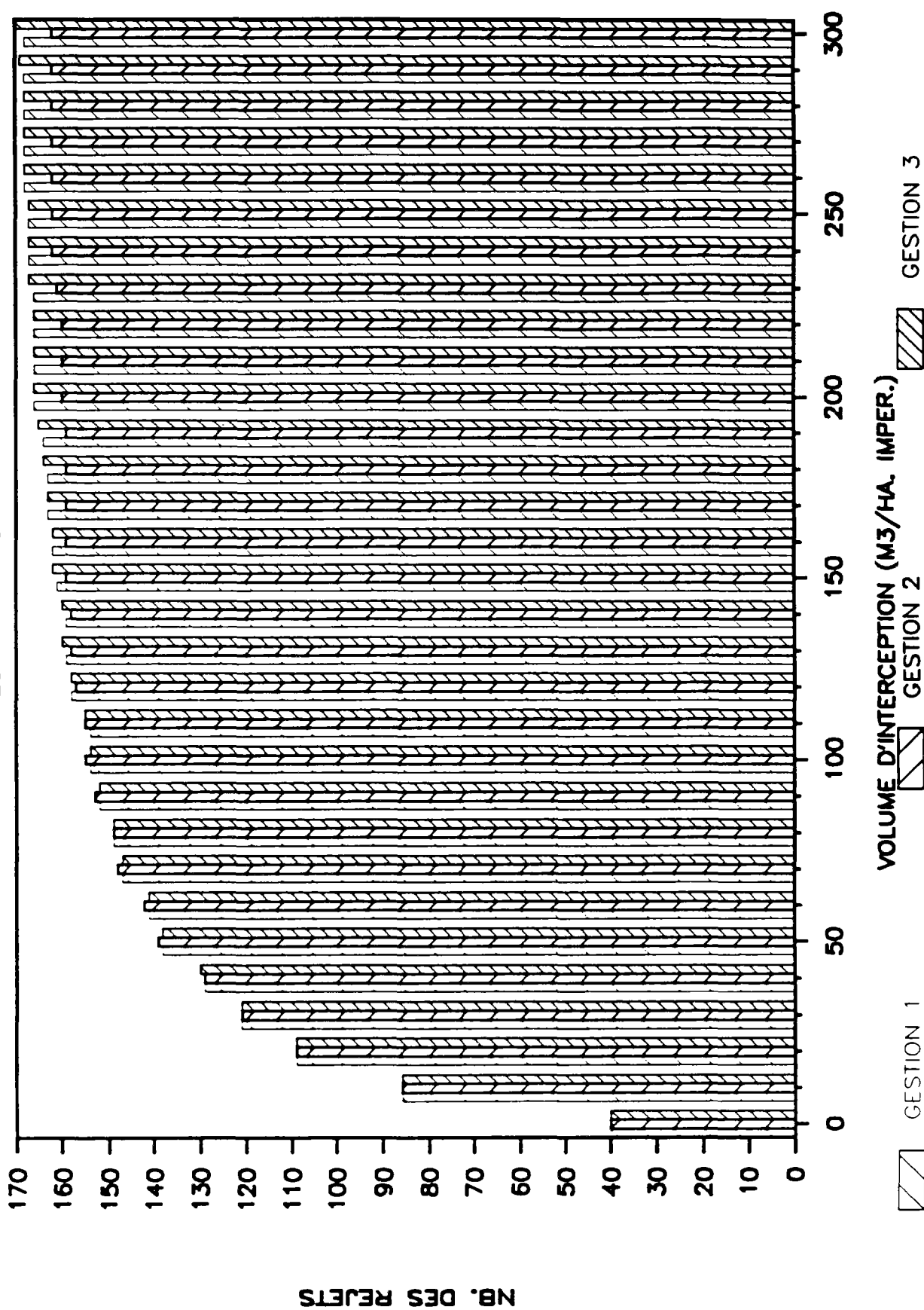
NB. DES EVENEMENTS (REJET = 0 KG)

MES - MAUREPAS



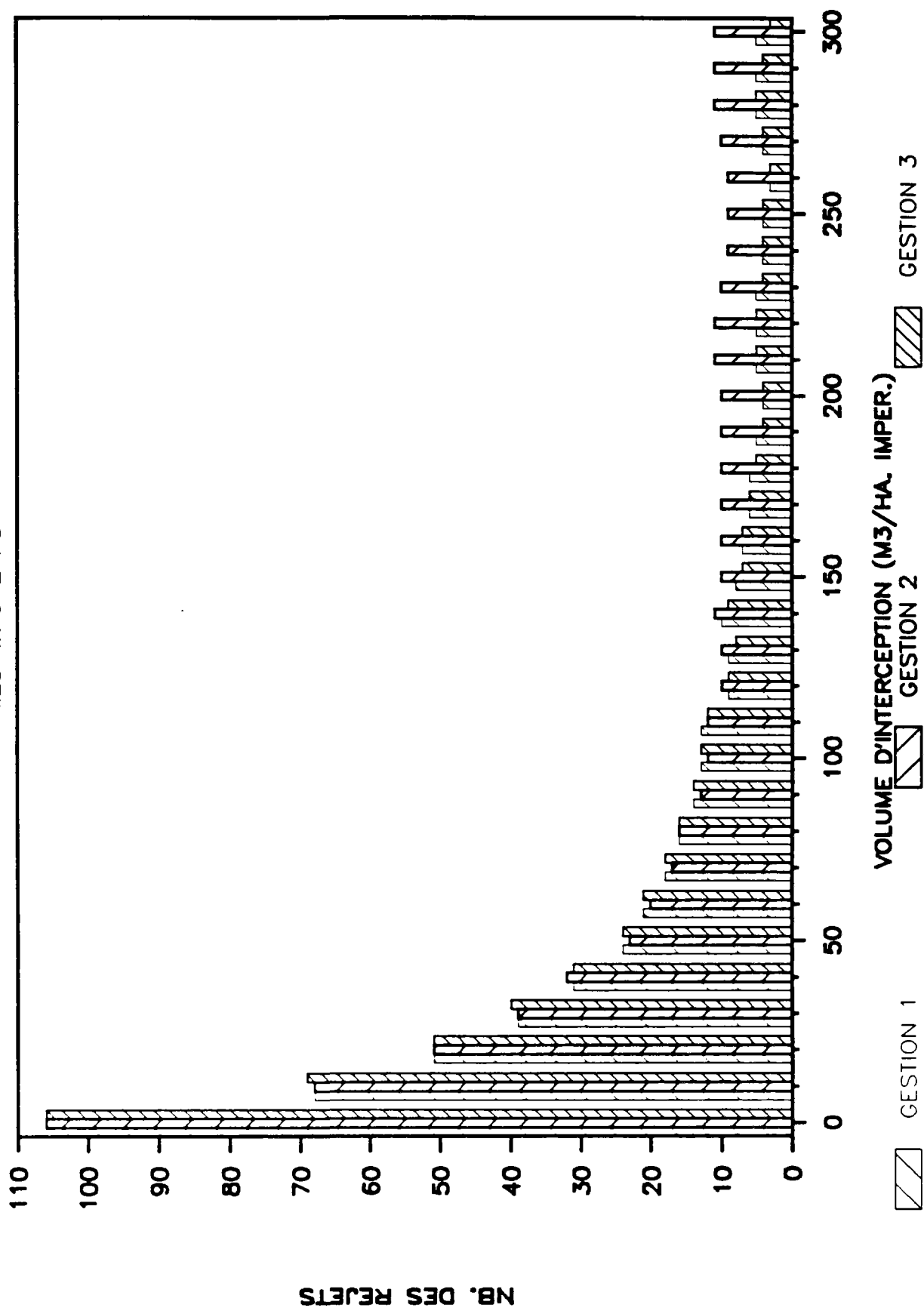
NB. DES REJETS (< 0.1% CHARGE ANNUELLE)

MES-MAUREPAS



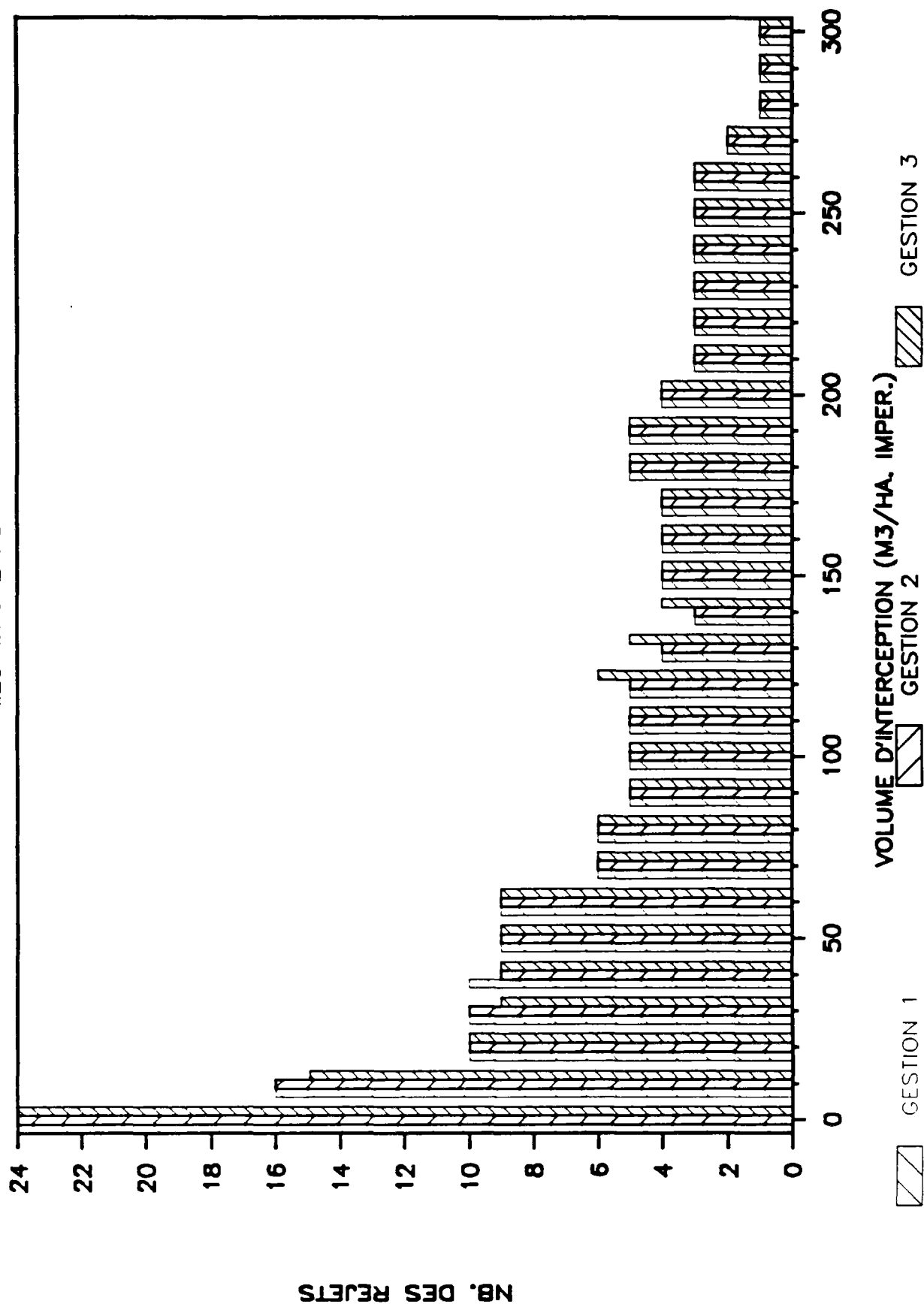
NB. DES REJETS(0.1%<= <1% MASSE PAR AN)

MES—MAUREPAS



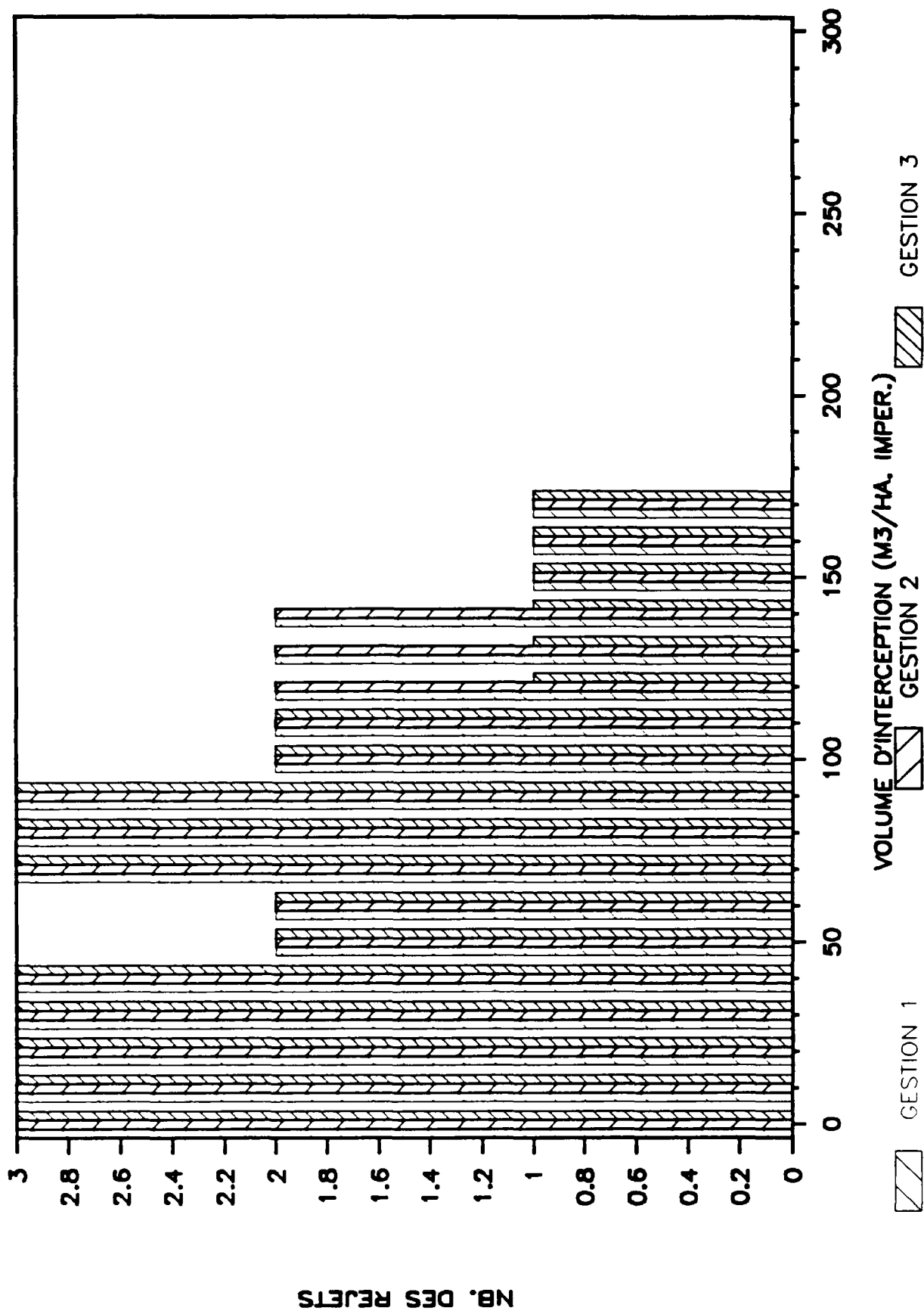
NB. DES REJETS(1%<= <5% MASSE PAR AN)

MES-MAUREPAS



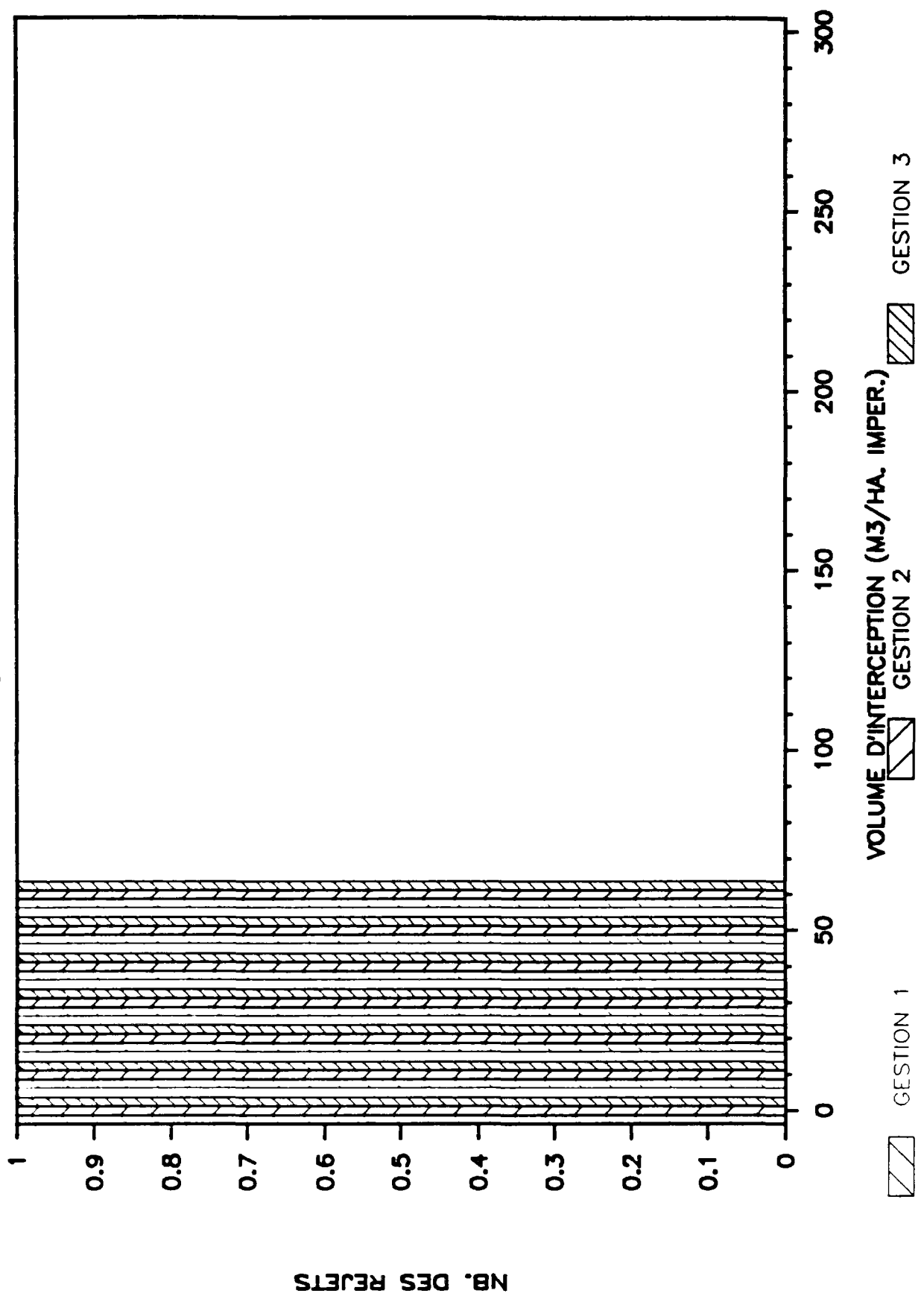
NB. DES REJETS (5% <= <10% MASSE PAR AN)

MES-MAUREPAS



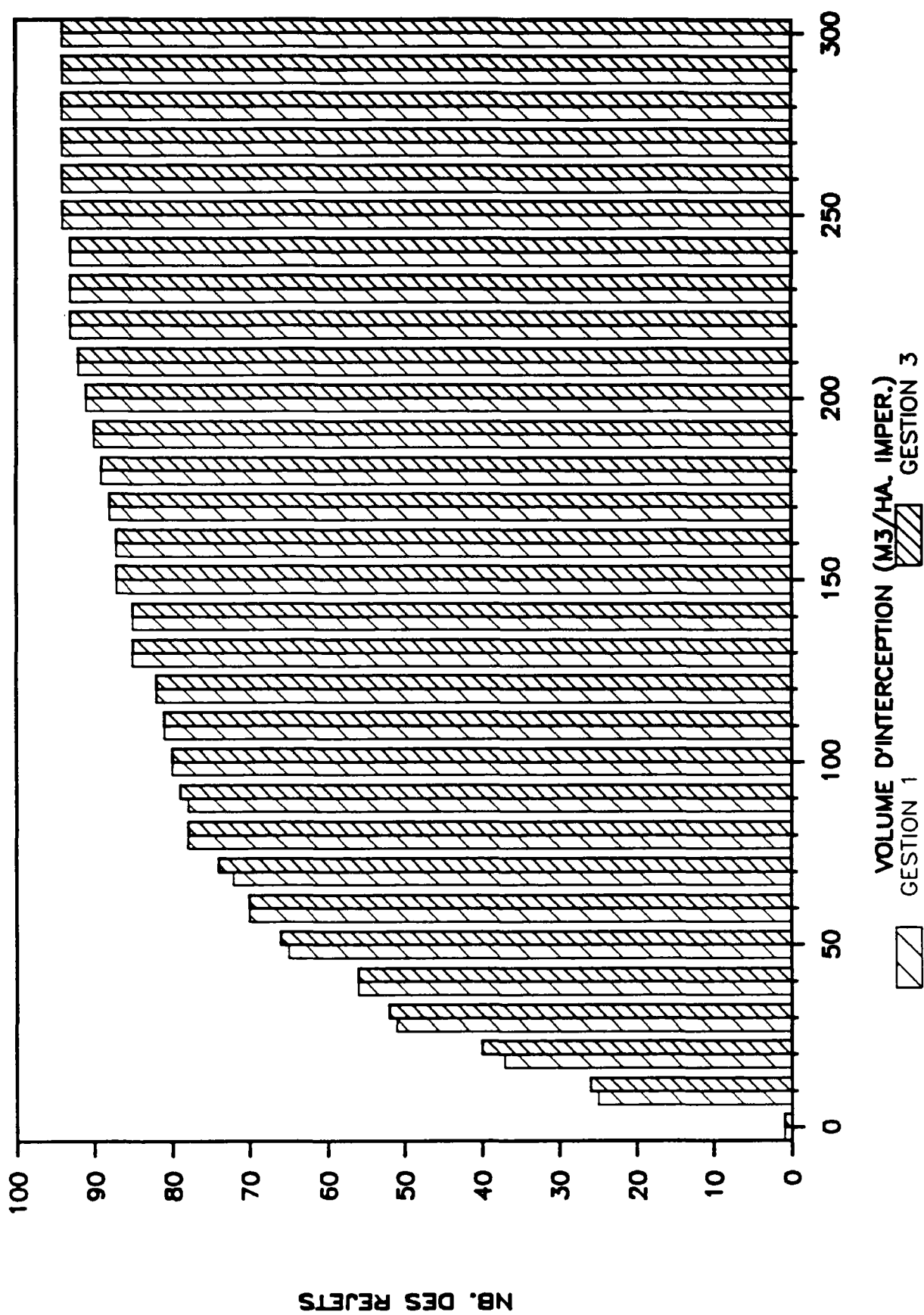
NB. DES REJETS ($\geq 10\%$ CHARGE ANNUELLE)

MES-MAUREPAS



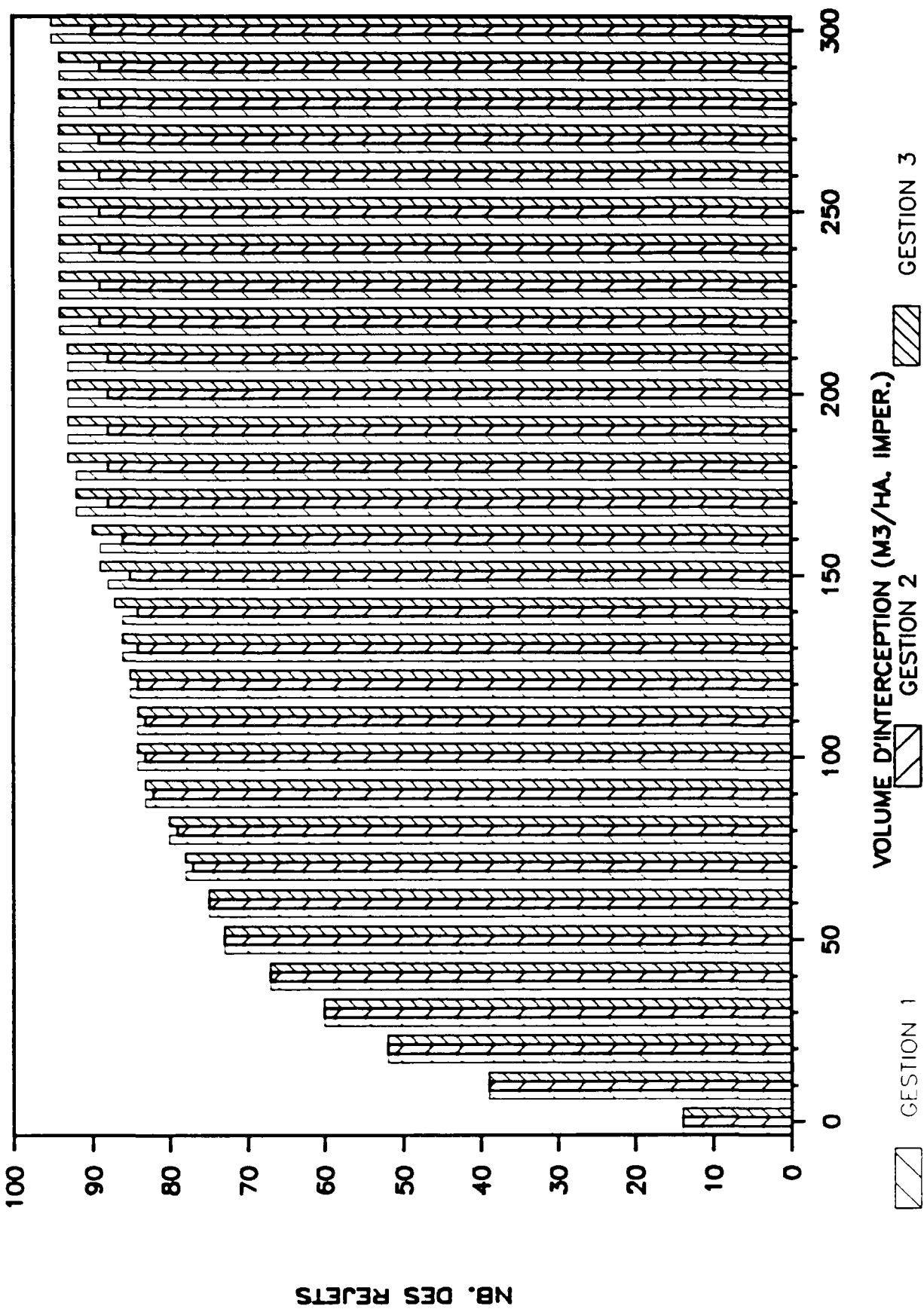
NB. DES EVENEMENTS (REJET = 0 KG)

MES-LES ULIS



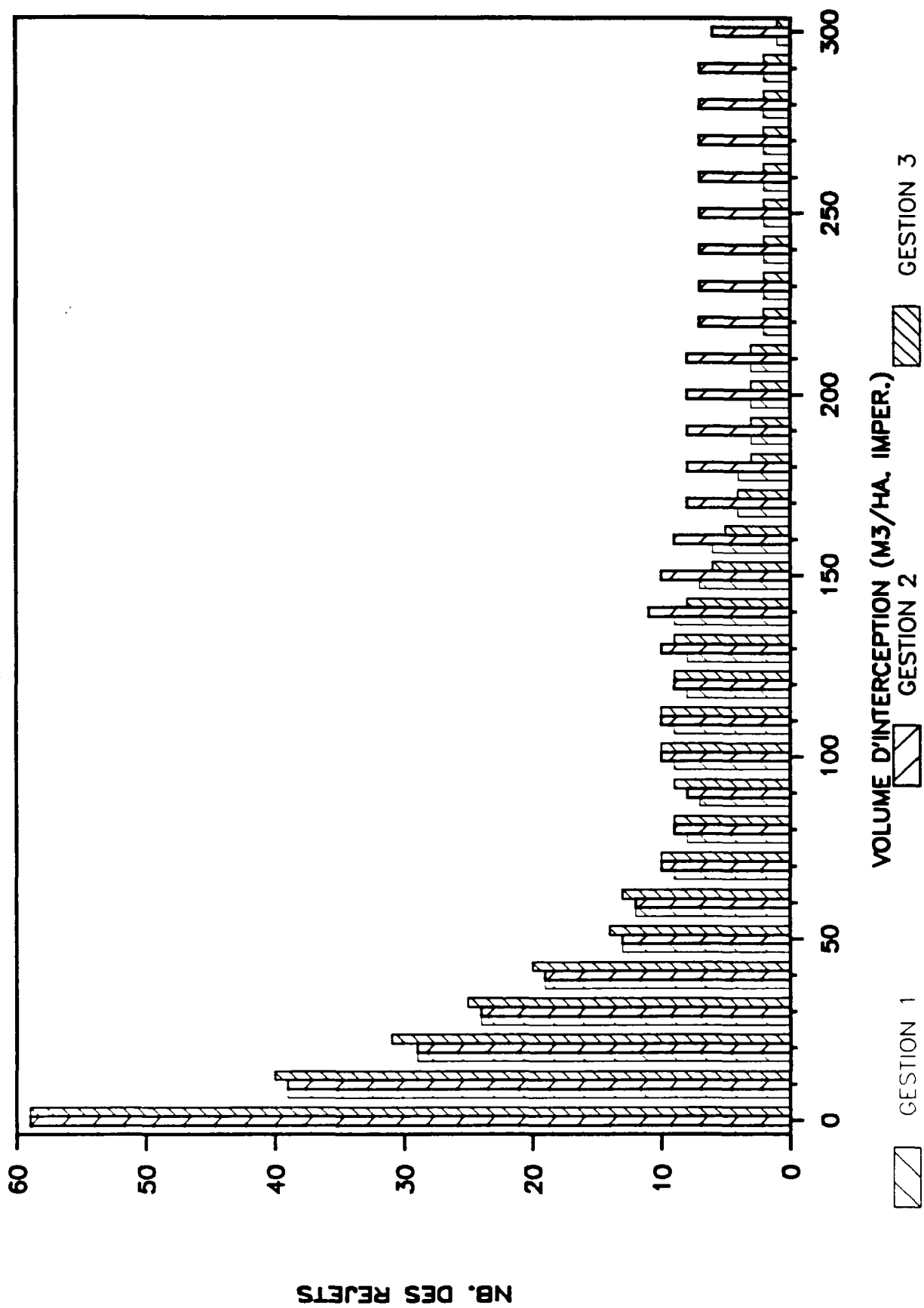
NB. DES REJETS (< 0.1% CHARGE ANNUELLE)

MES-LES ULIS



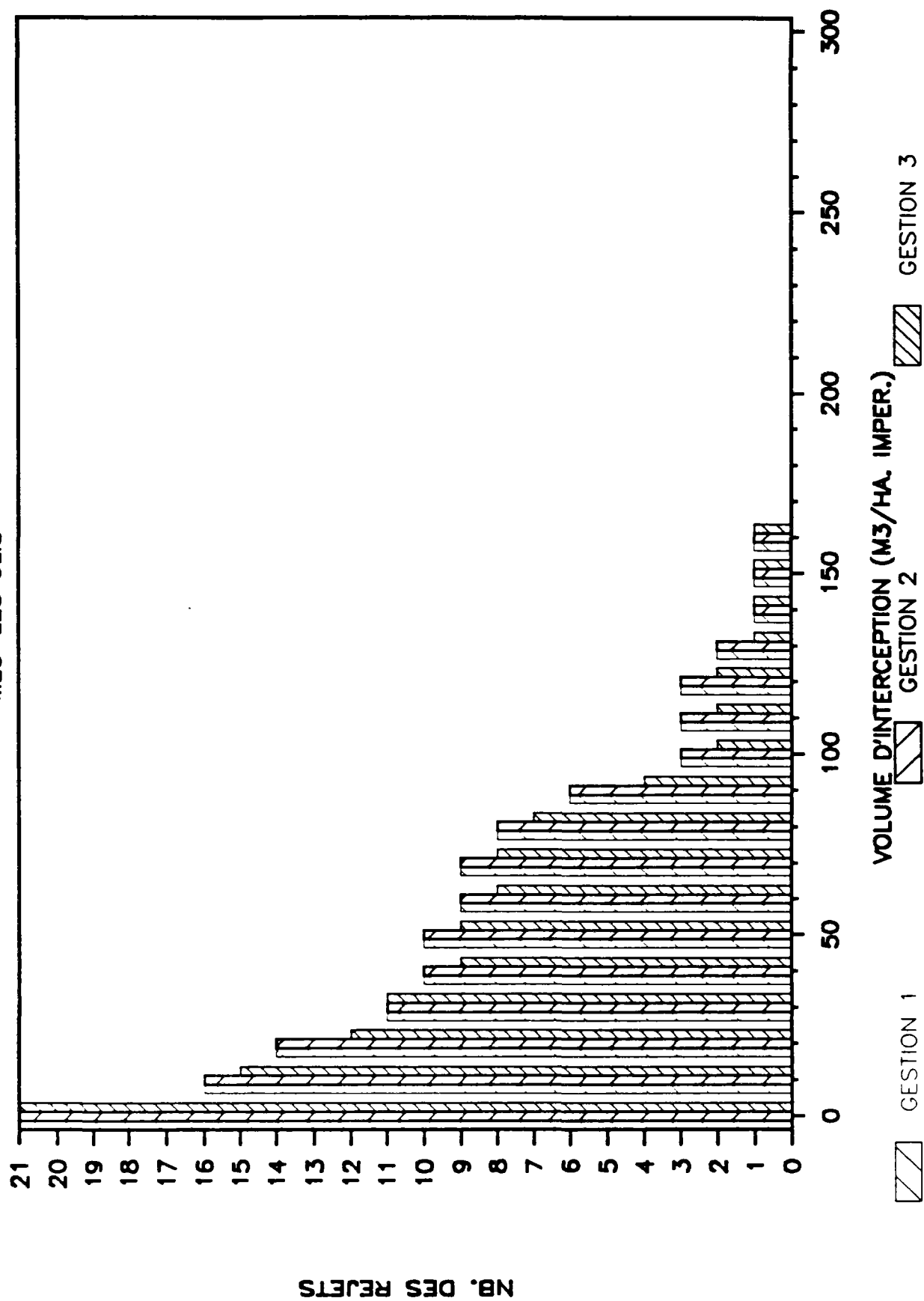
NB. DES REJETS(0.1%<= <1% MASSE PAR AN)

MES-LES ULIS

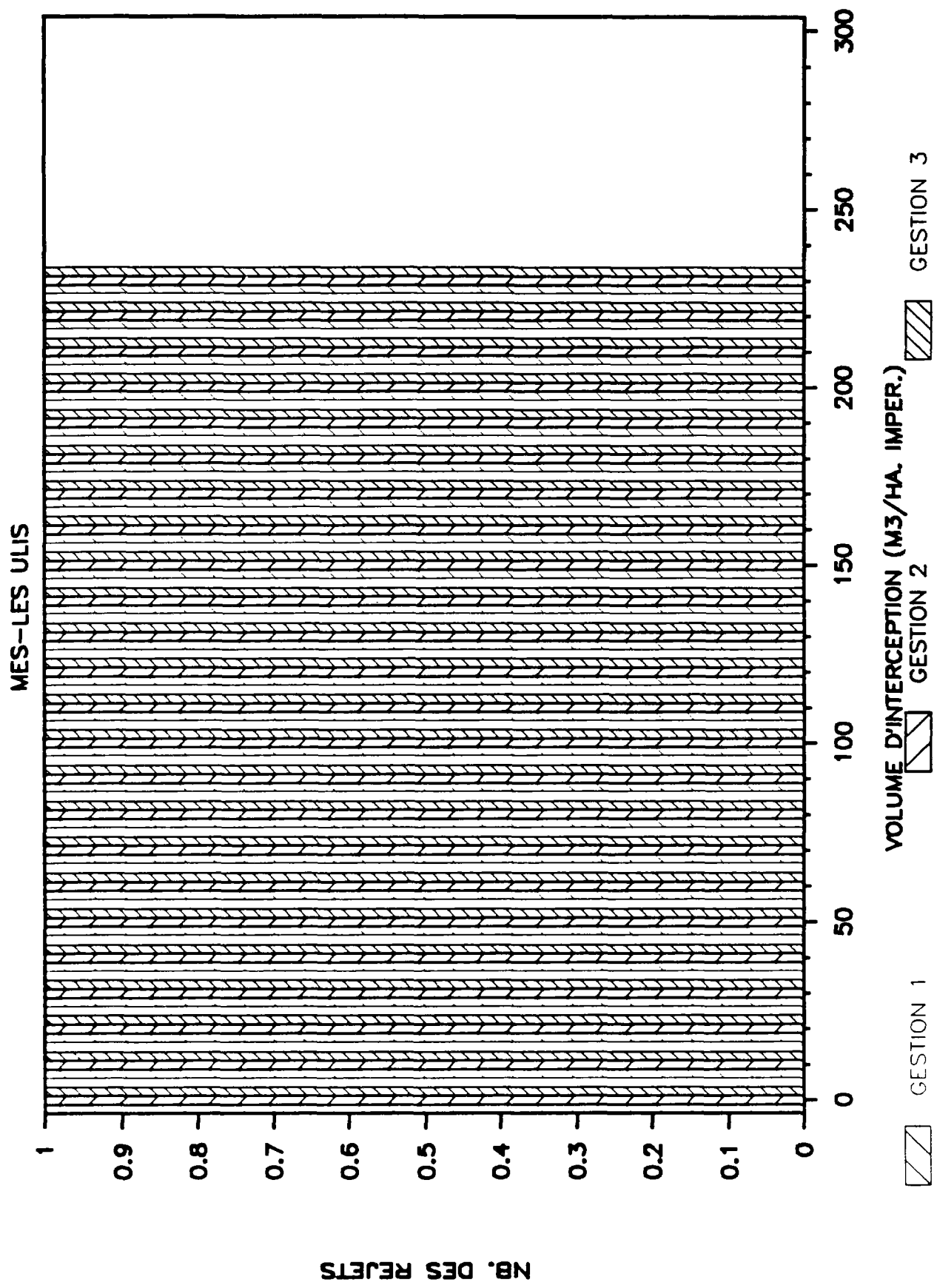


NB. DES REJETS(1%<= <5% MASSE PAR AN)

MES--LES ULIS

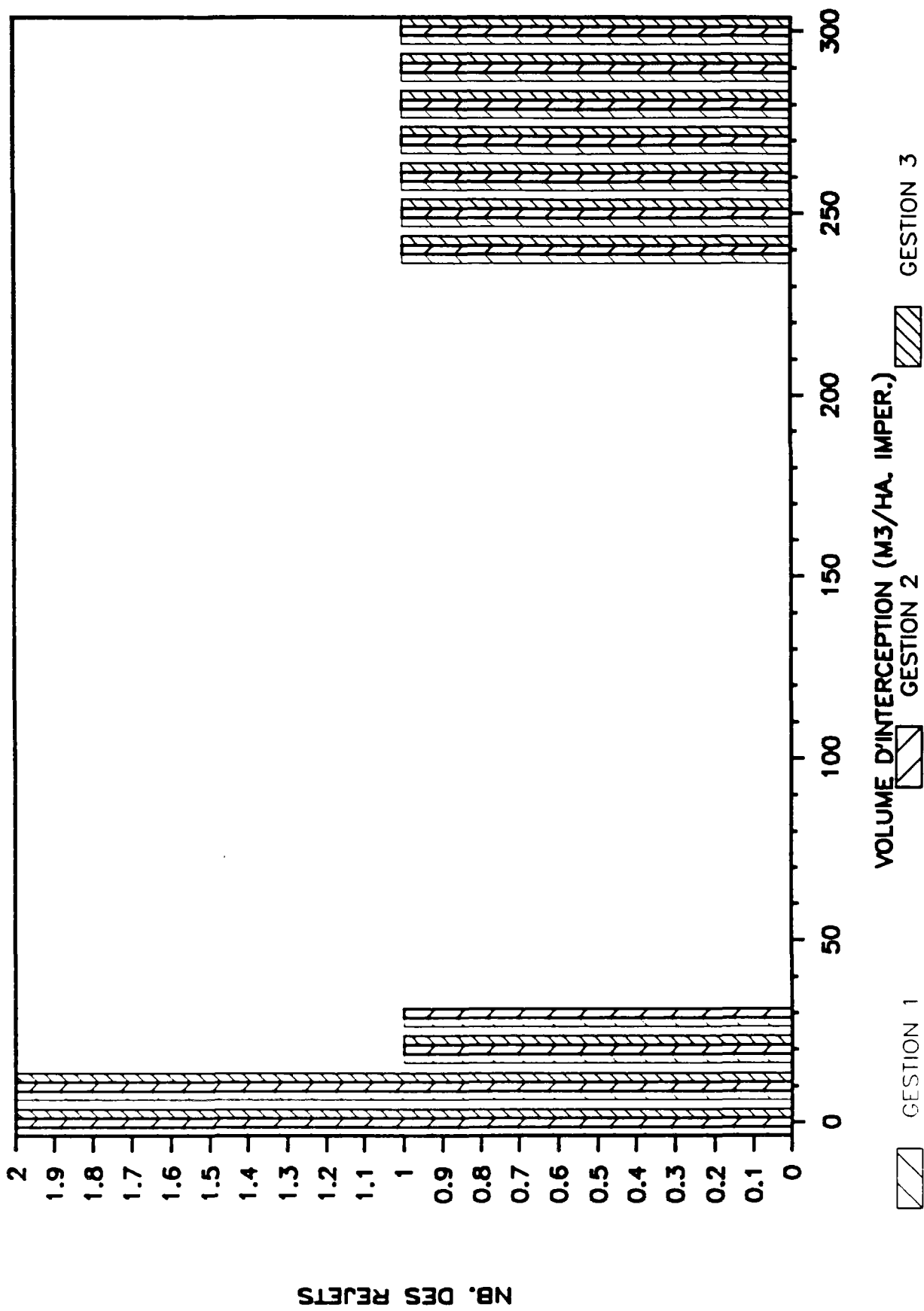


NB. DES REJETS ($\geq 10\%$ CHARGE ANNUELLE)



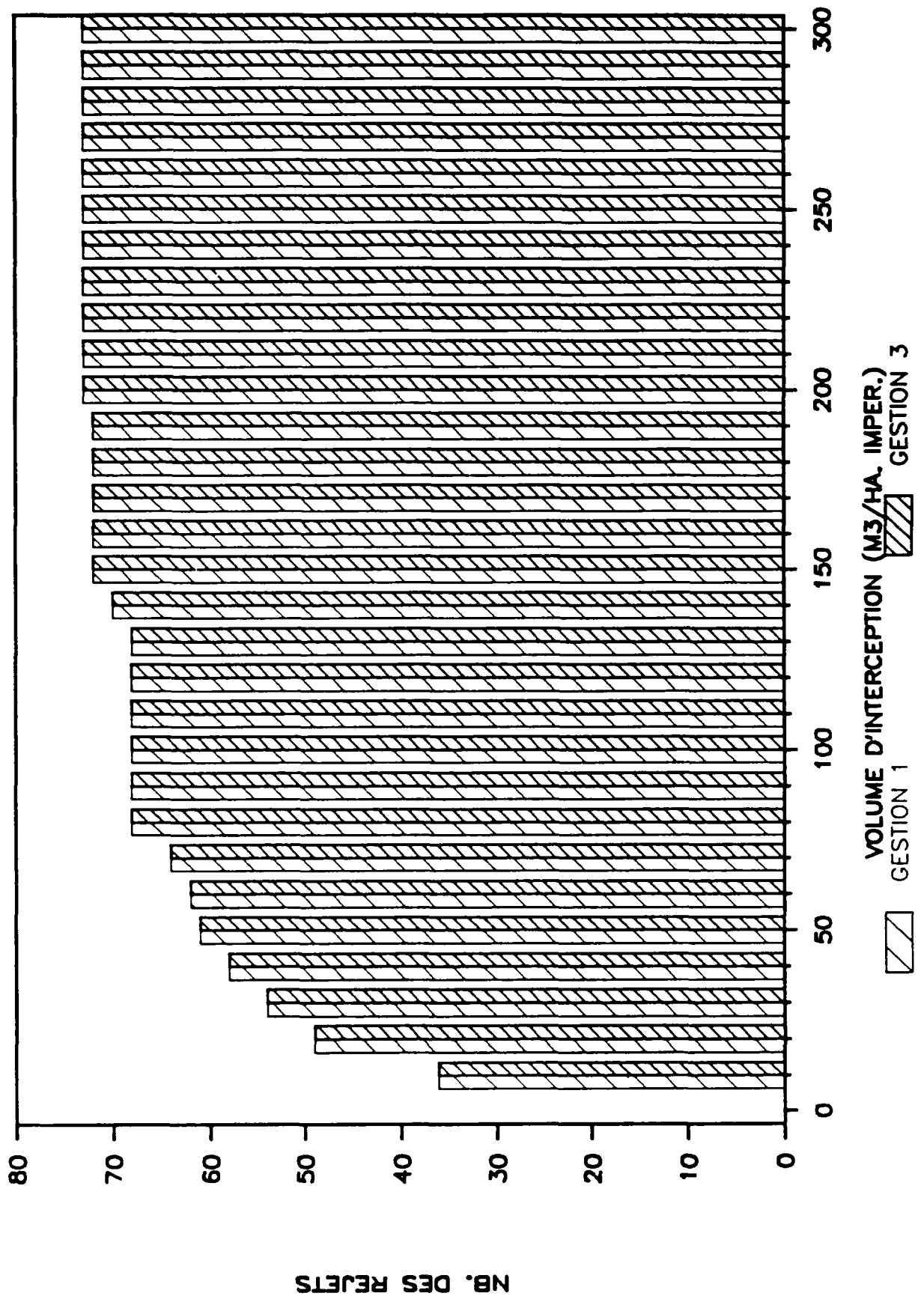
NB. DES REJETS (5%<= <10% MASSE PAR AN)

MES-LES ULIS



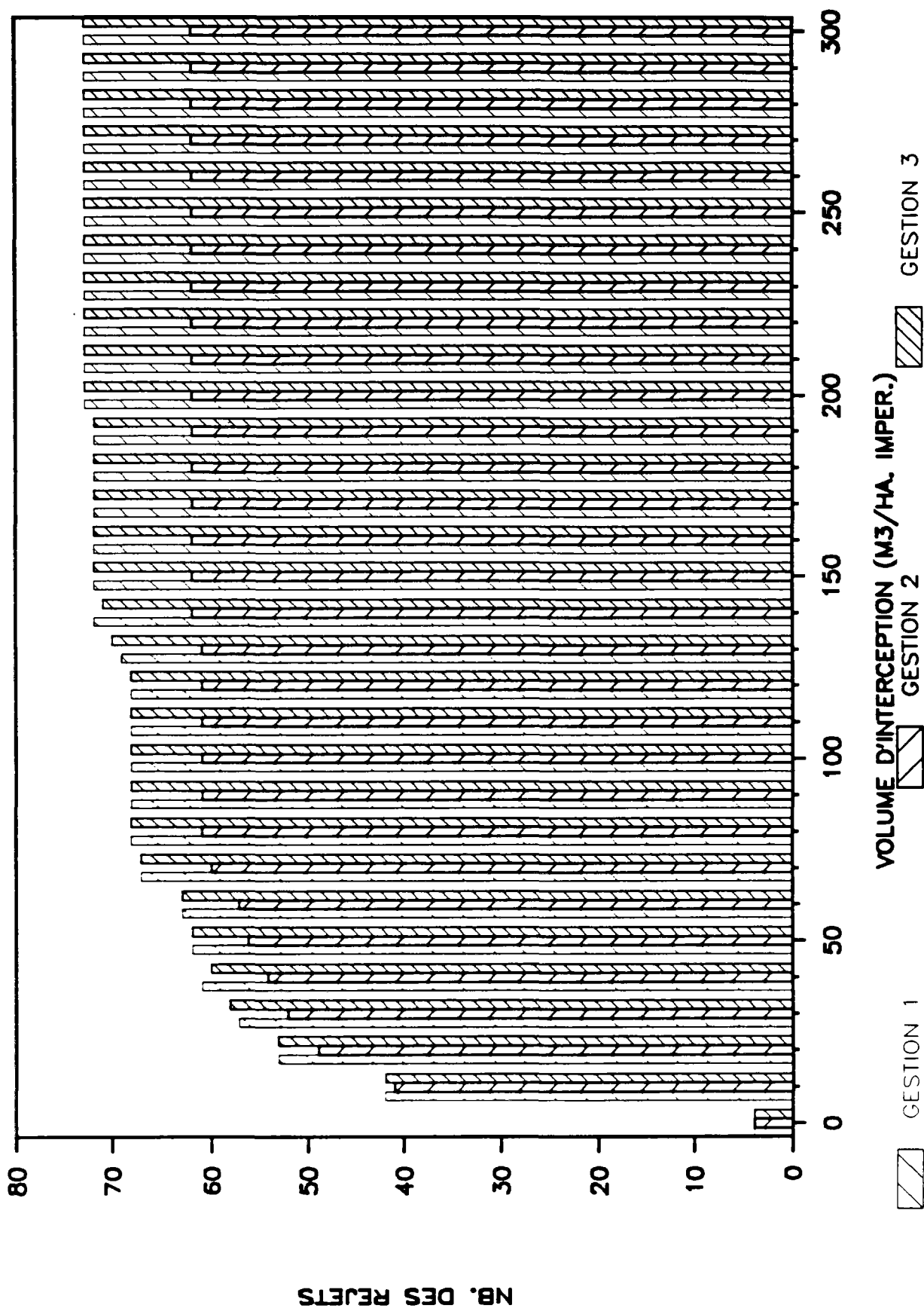
NB. DES EVENEMENTS (REJET = 0 KG)

DCO-AIX NORD



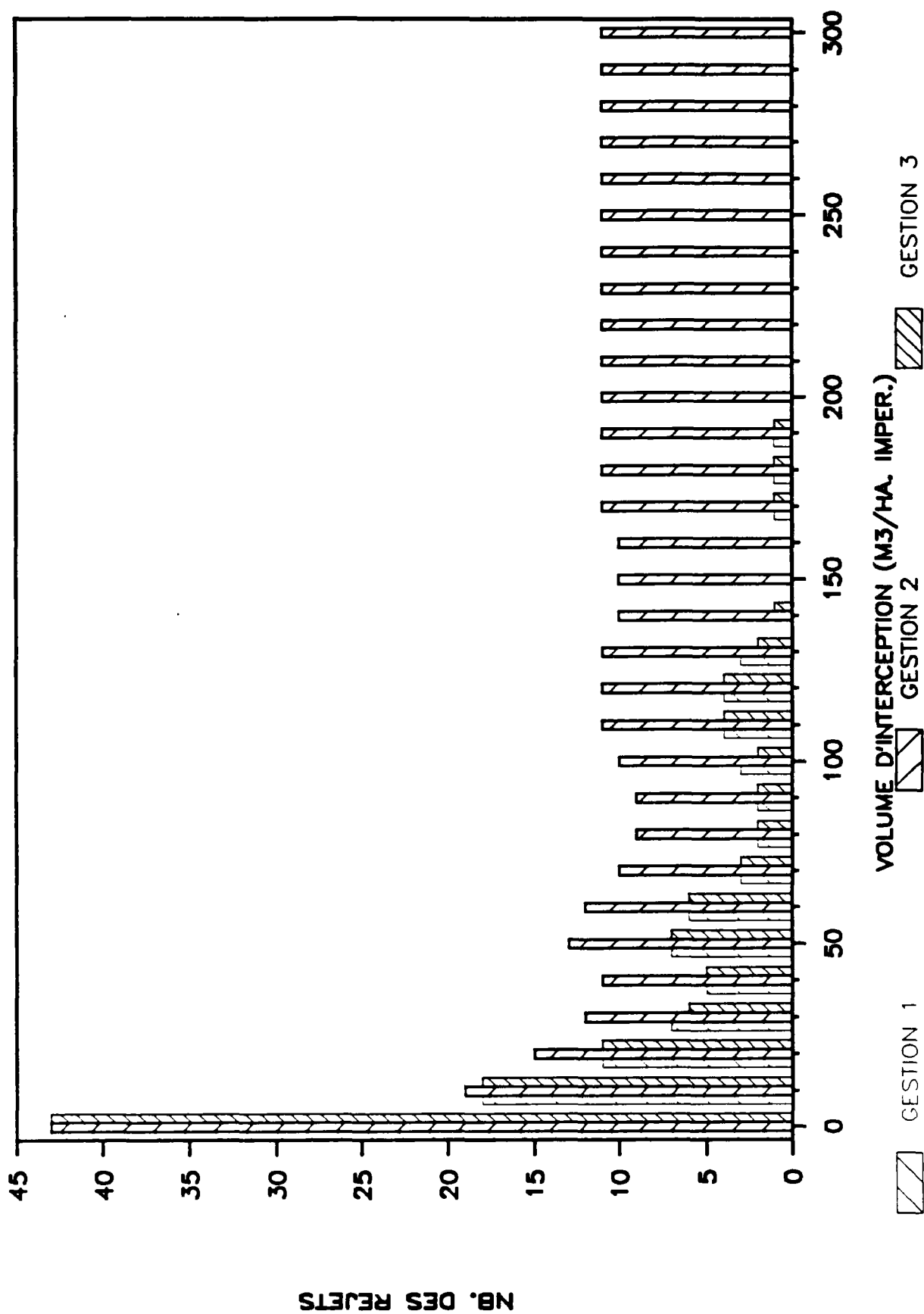
NB. DES REJETS (< 0.1% CHARGE ANNUELLE)

DCO-AIX NORD



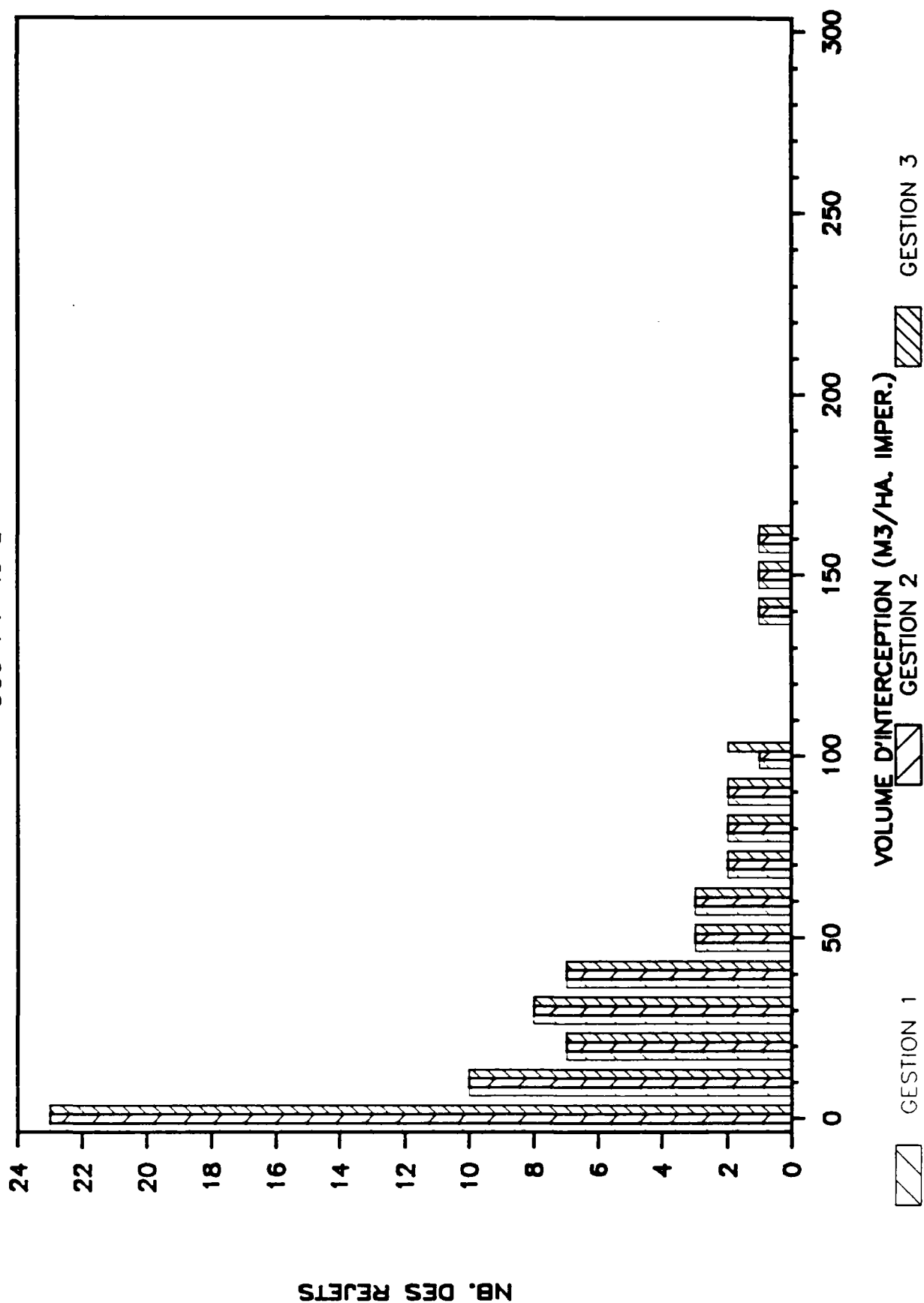
NB. DES REJETS(0.1%<= <1% MASSE PAR AN)

DCO-AIX NORD



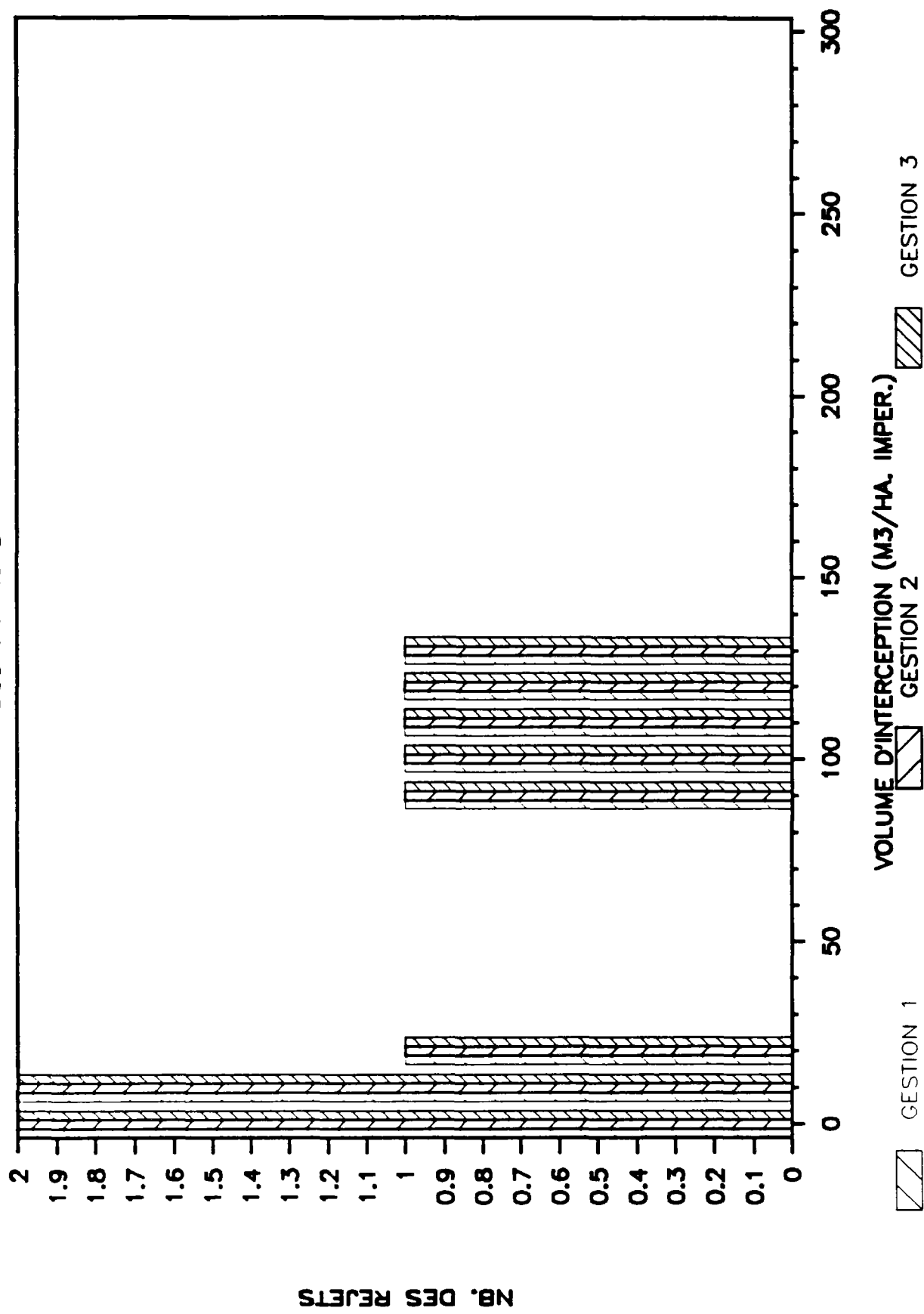
NB. DES REJETS(1%<= <5% MASSE PAR AN)

DCO-AIX NORD



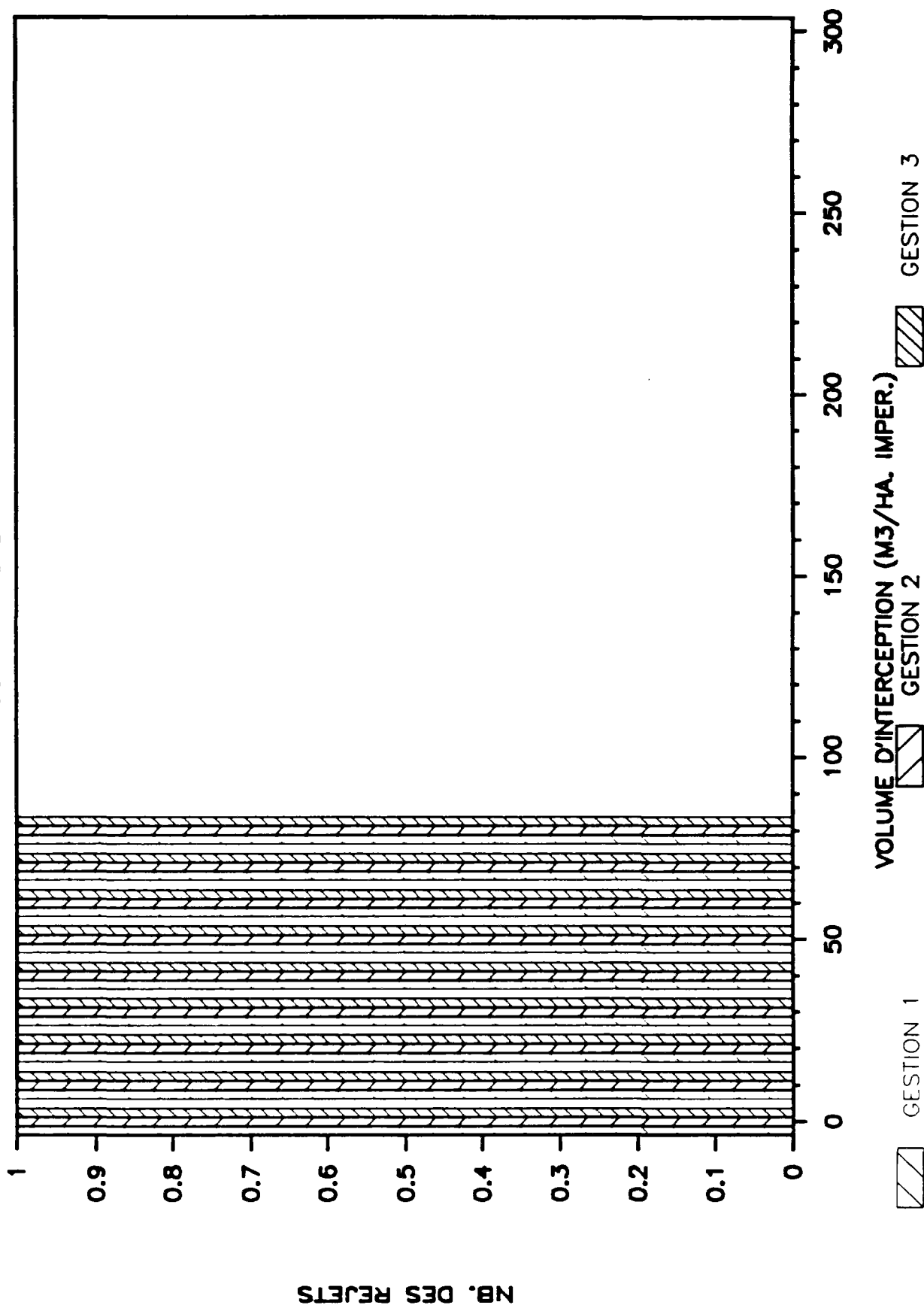
NB. DES REJETS (5% <= <10% MASSE PAR AN)

DCO-AIX NORD



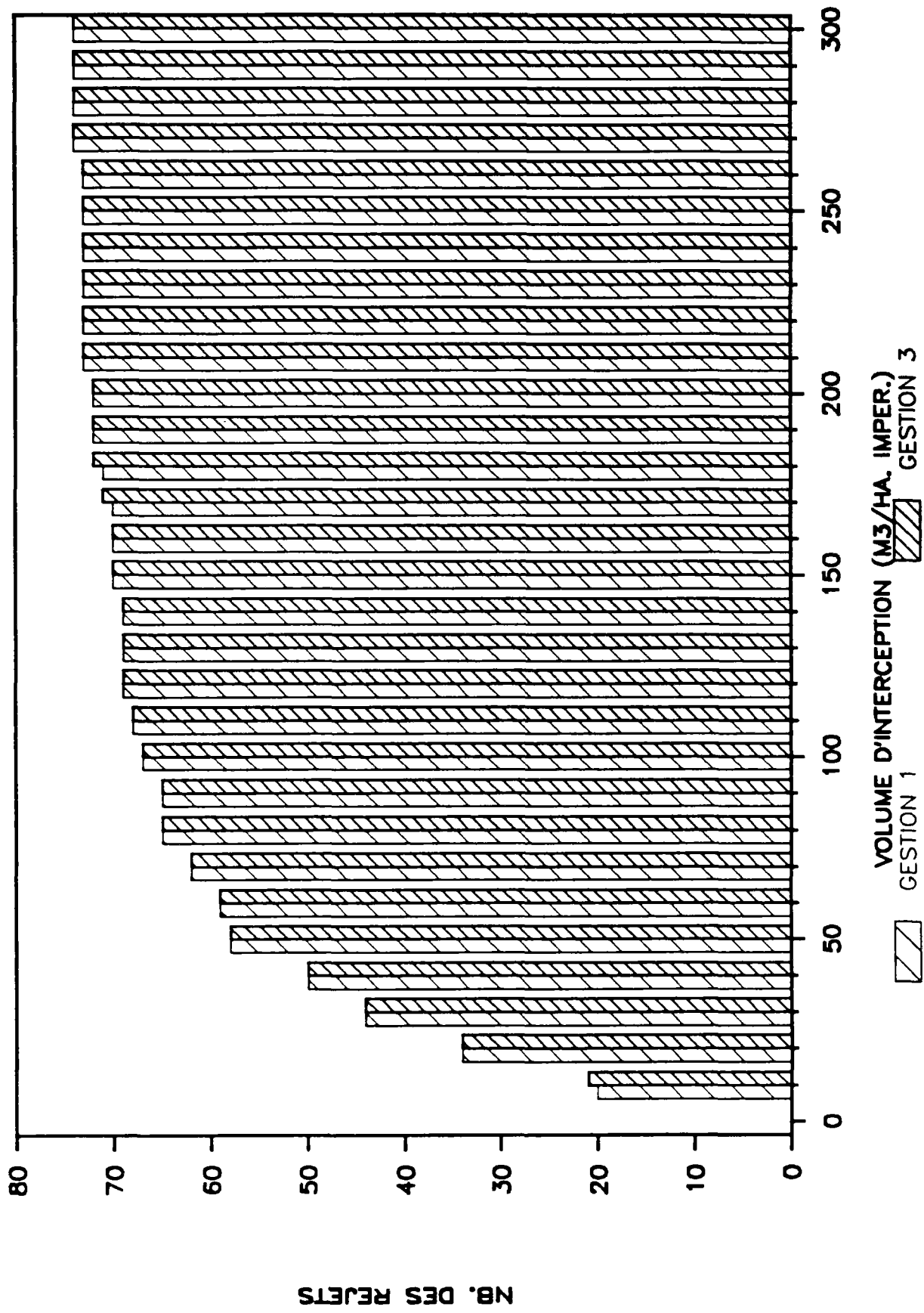
NB. DES REJETS ($\geq 10\%$ CHARGE ANNUELLE)

DCO-AIX NORD



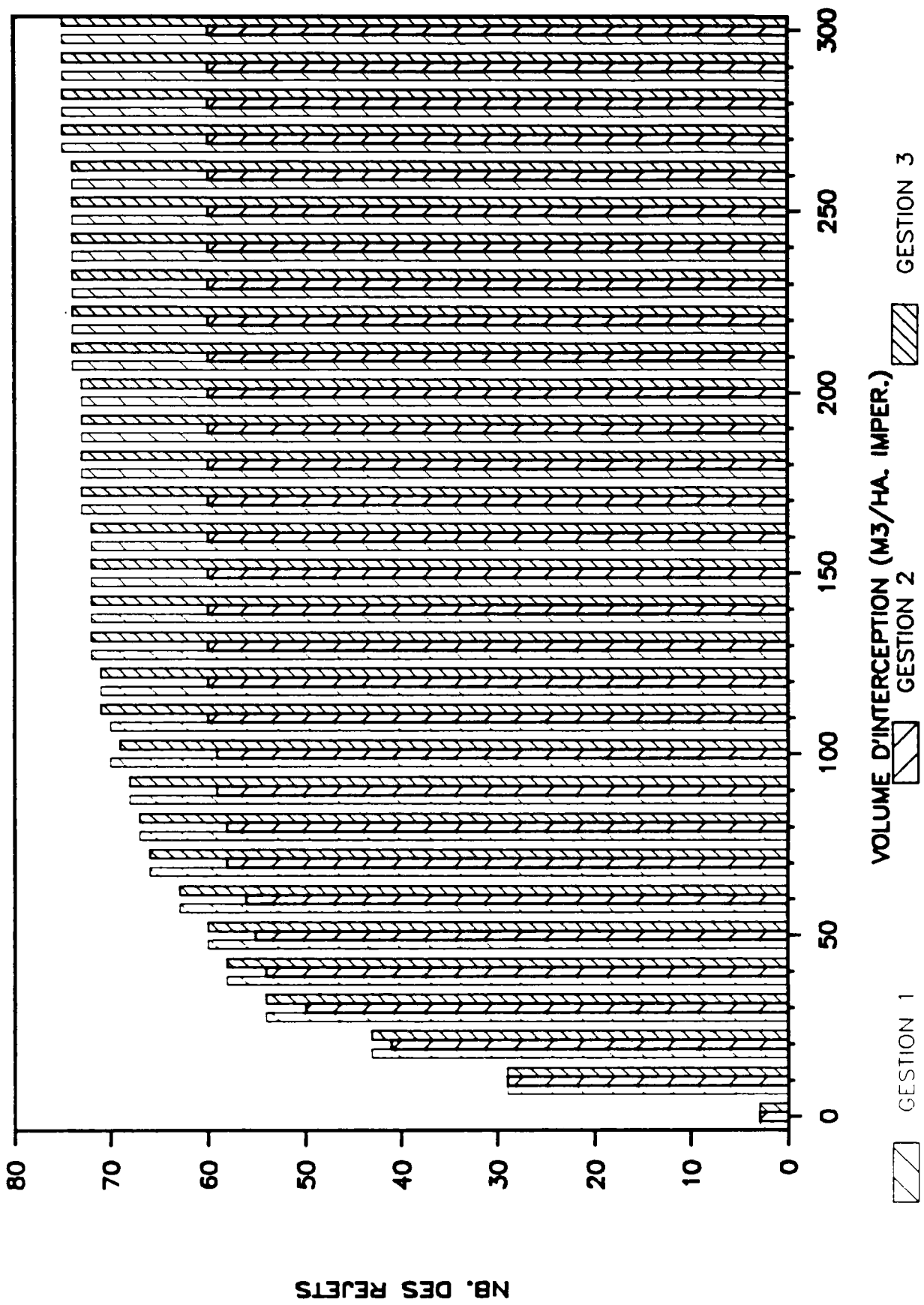
NB. DES EVENEMENTS (REJET = 0 KG)

DCO-AIX ZUP



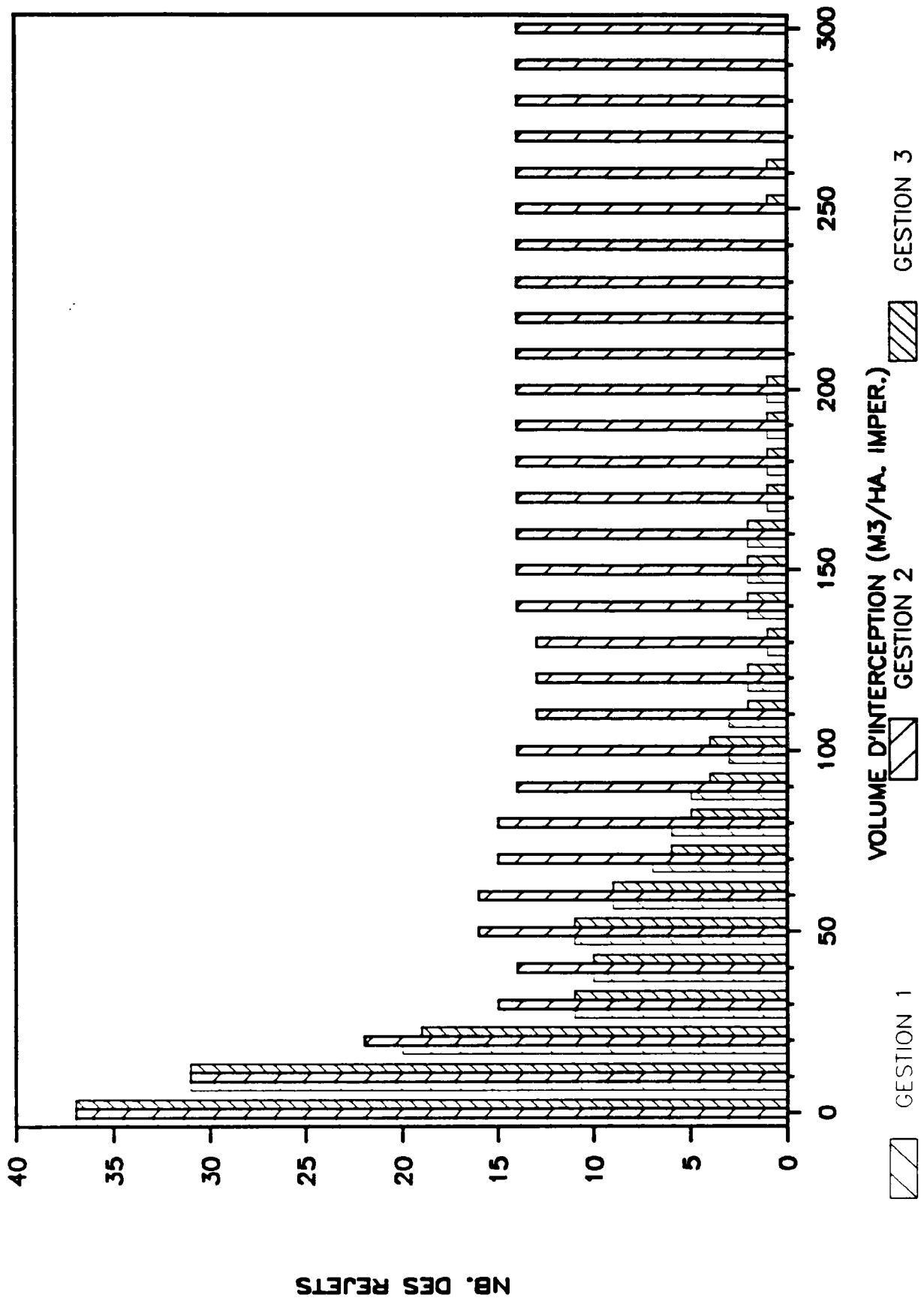
NB. DES REJETS (< 0.1% CHARGE ANNUELLE)

DCO-AIX ZUP



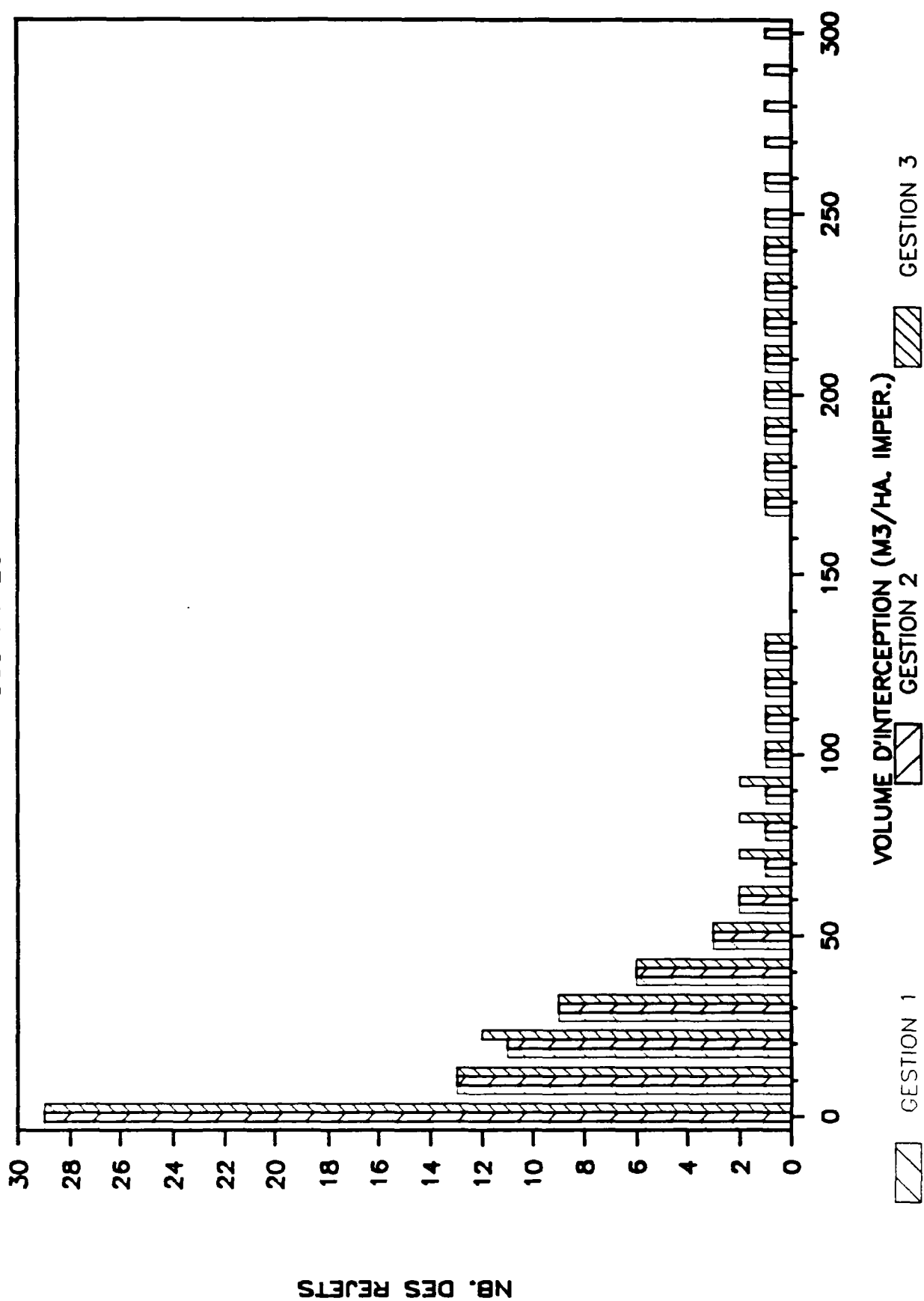
NB. DES REJETS(0.1%<= <1% MASSE PAR AN)

DCO--AIX ZUP



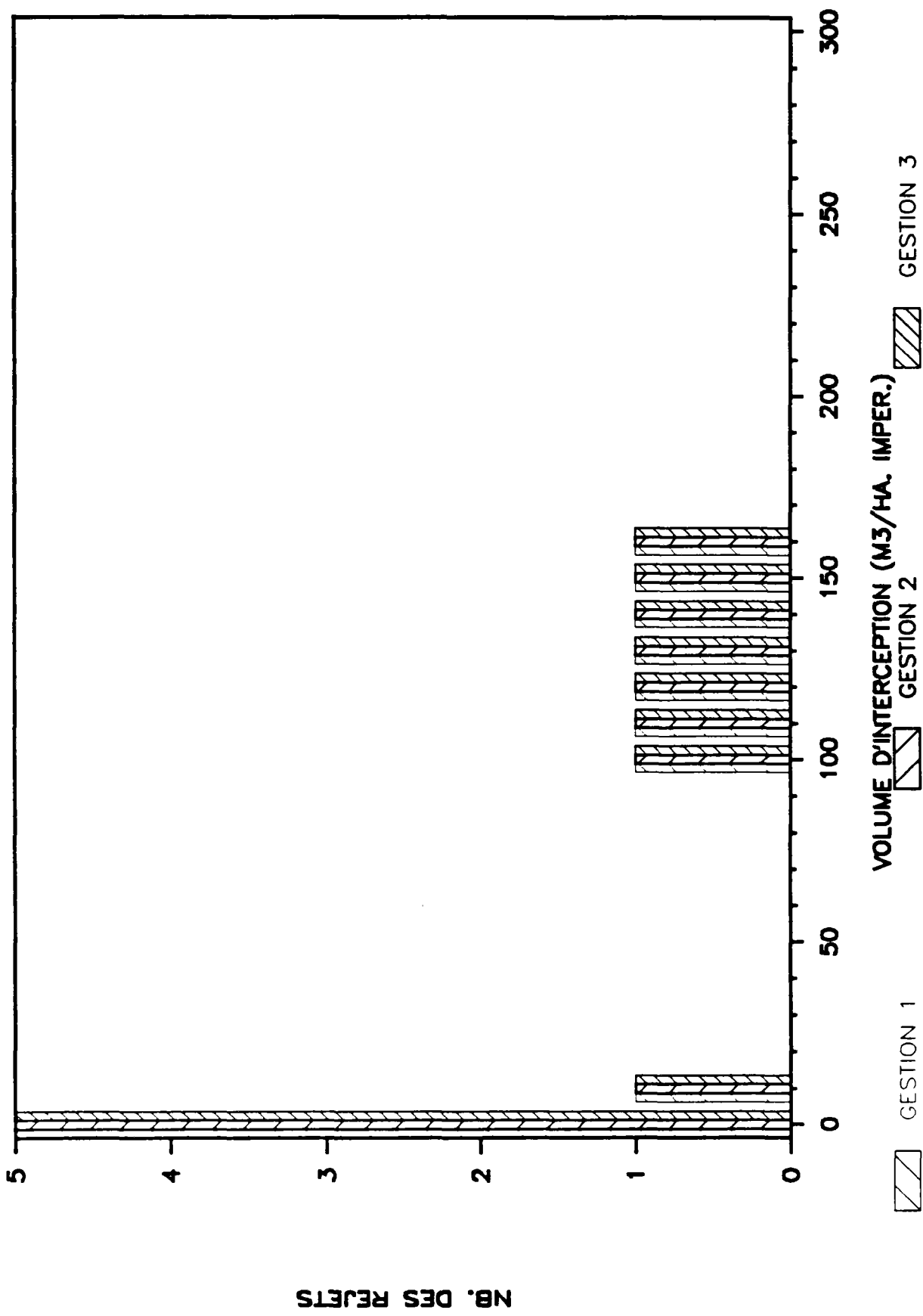
NB. DES REJETS(1%<= <5% MASSE PAR AN)

DCO--AIX ZUP



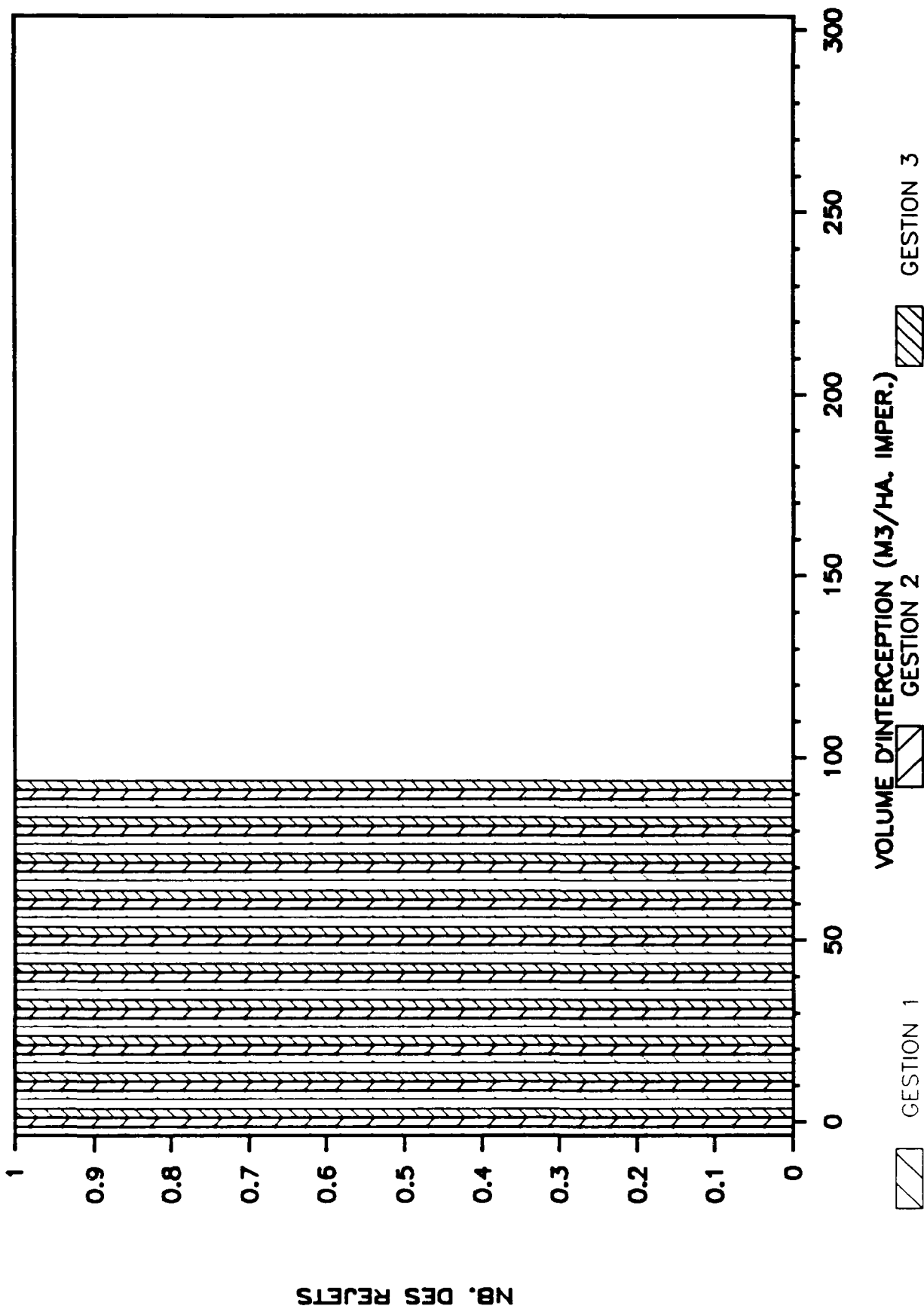
NB. DES REJETS (5% <= <10% MASSE PAR AN)

DCO-AIX ZUP



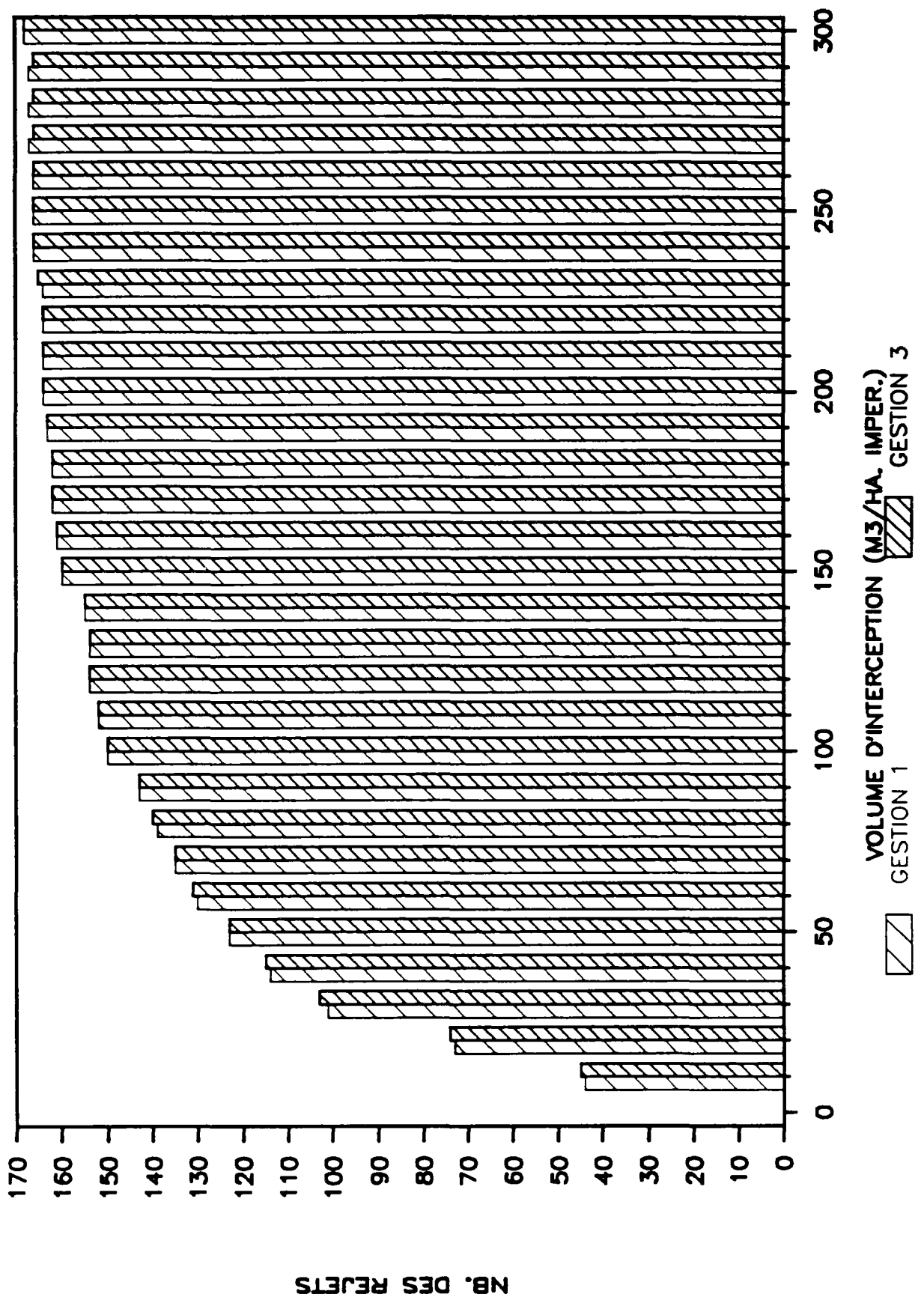
NB. DES REJETS ($\geq 10\%$ CHARGE ANNUELLE)

DCO-AIX ZUP



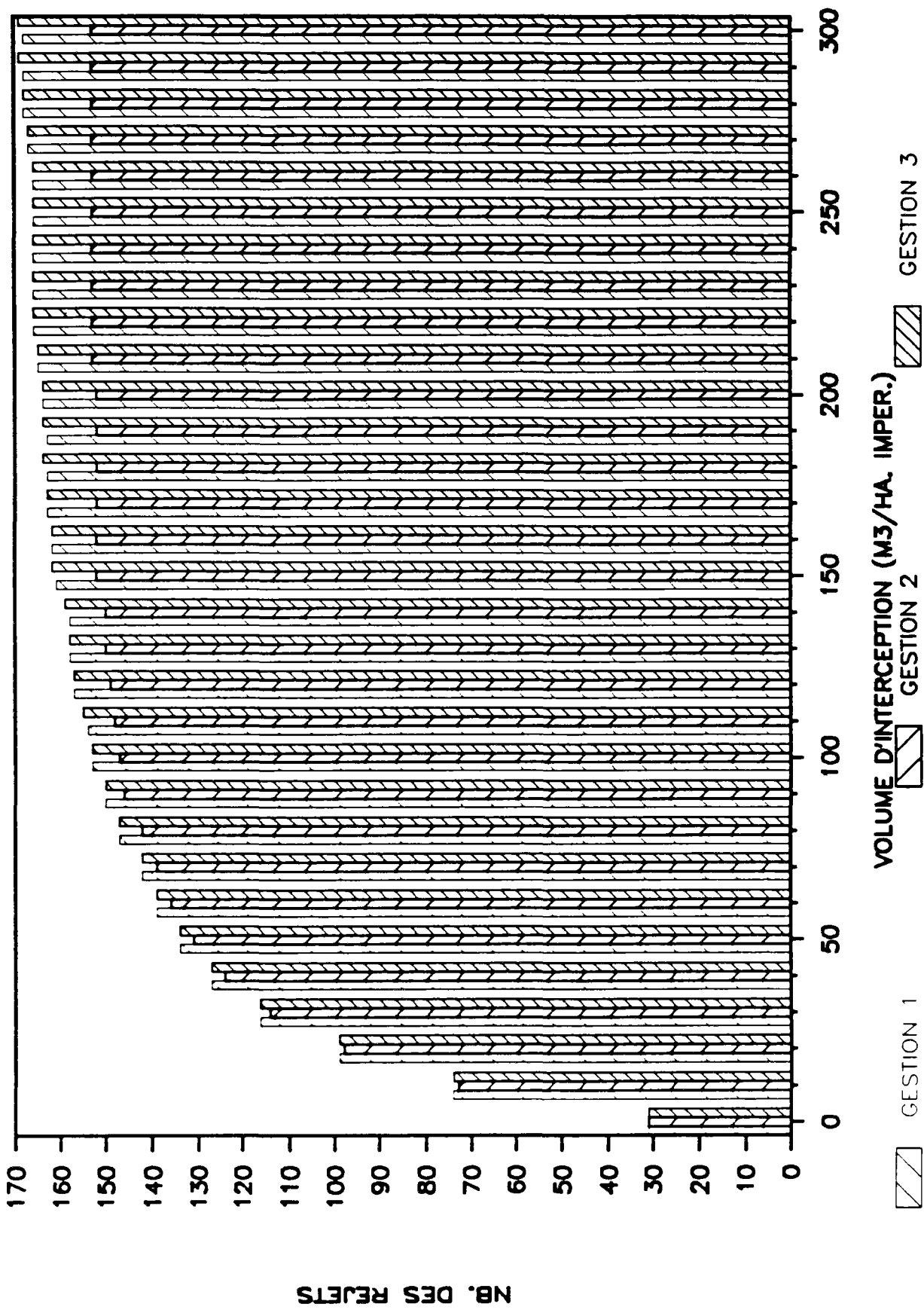
NB. DES EVENEMENTS (REJET = 0 KG)

DCO - MAUREPAS



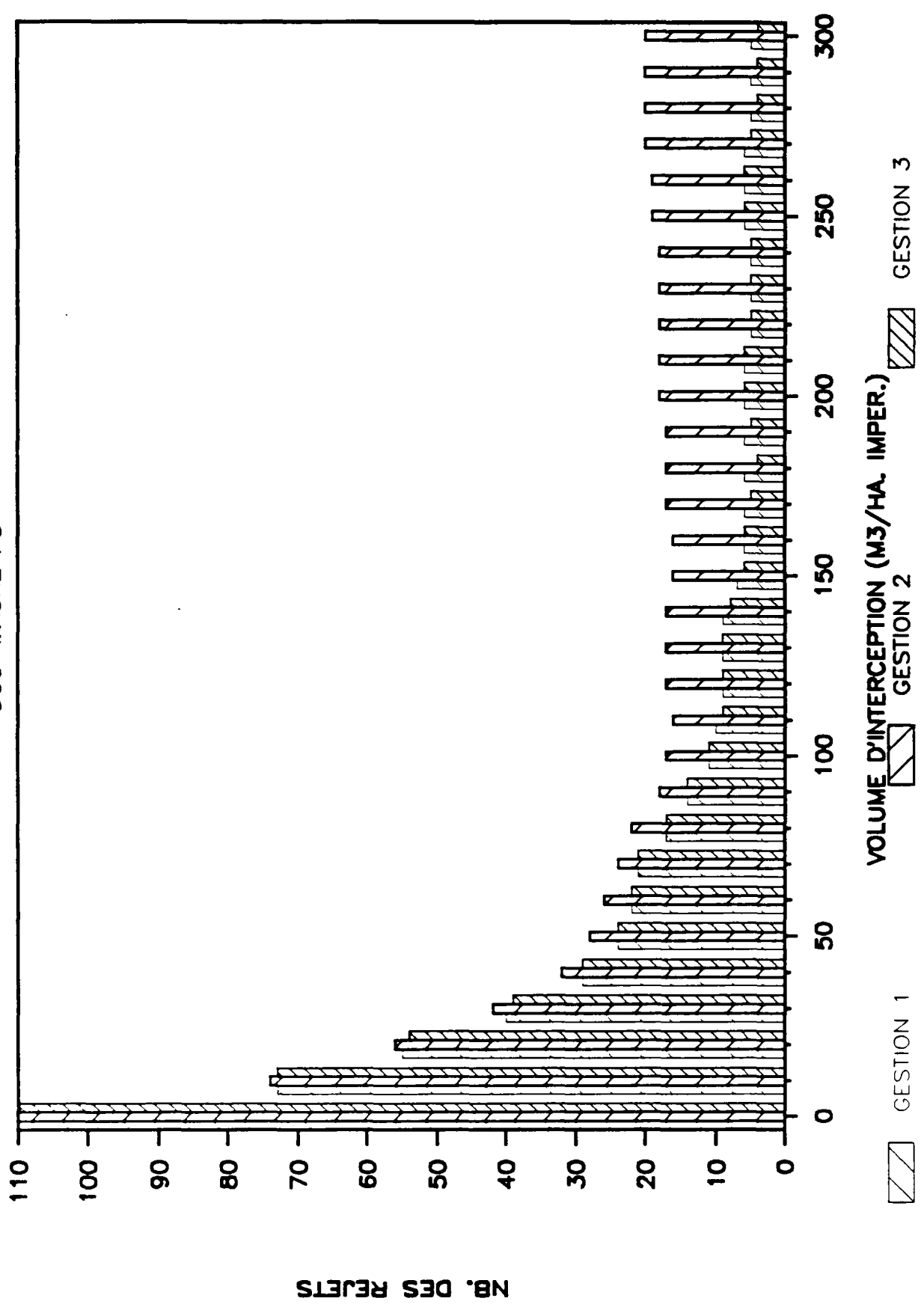
NB. DES REJETS (< 0.1% CHARGE ANNUELLE)

DCO-MAUREPAS



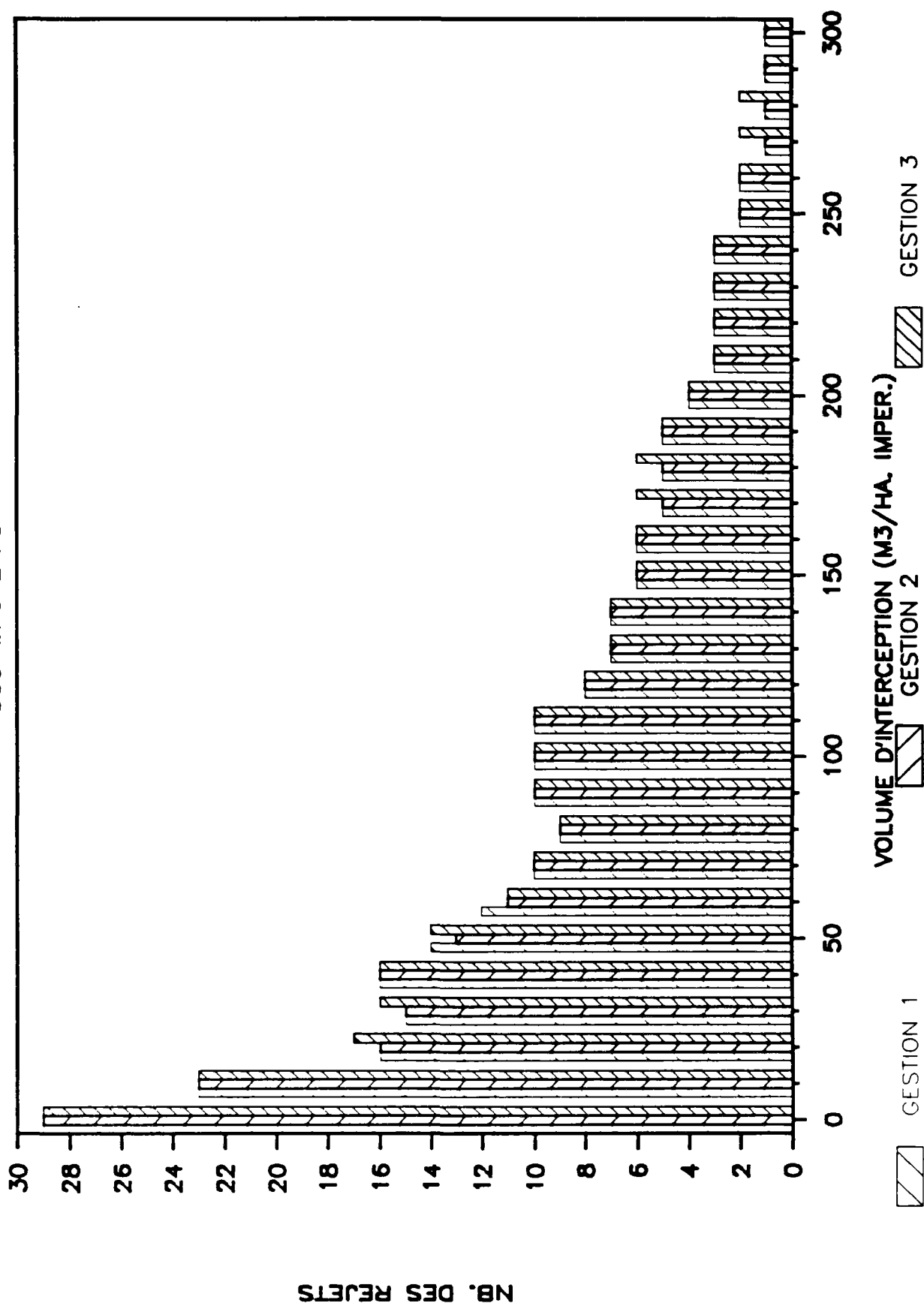
NB. DES REJETS(0.1%<= <1% MASSE PAR AN)

DCO - MAUREPAS



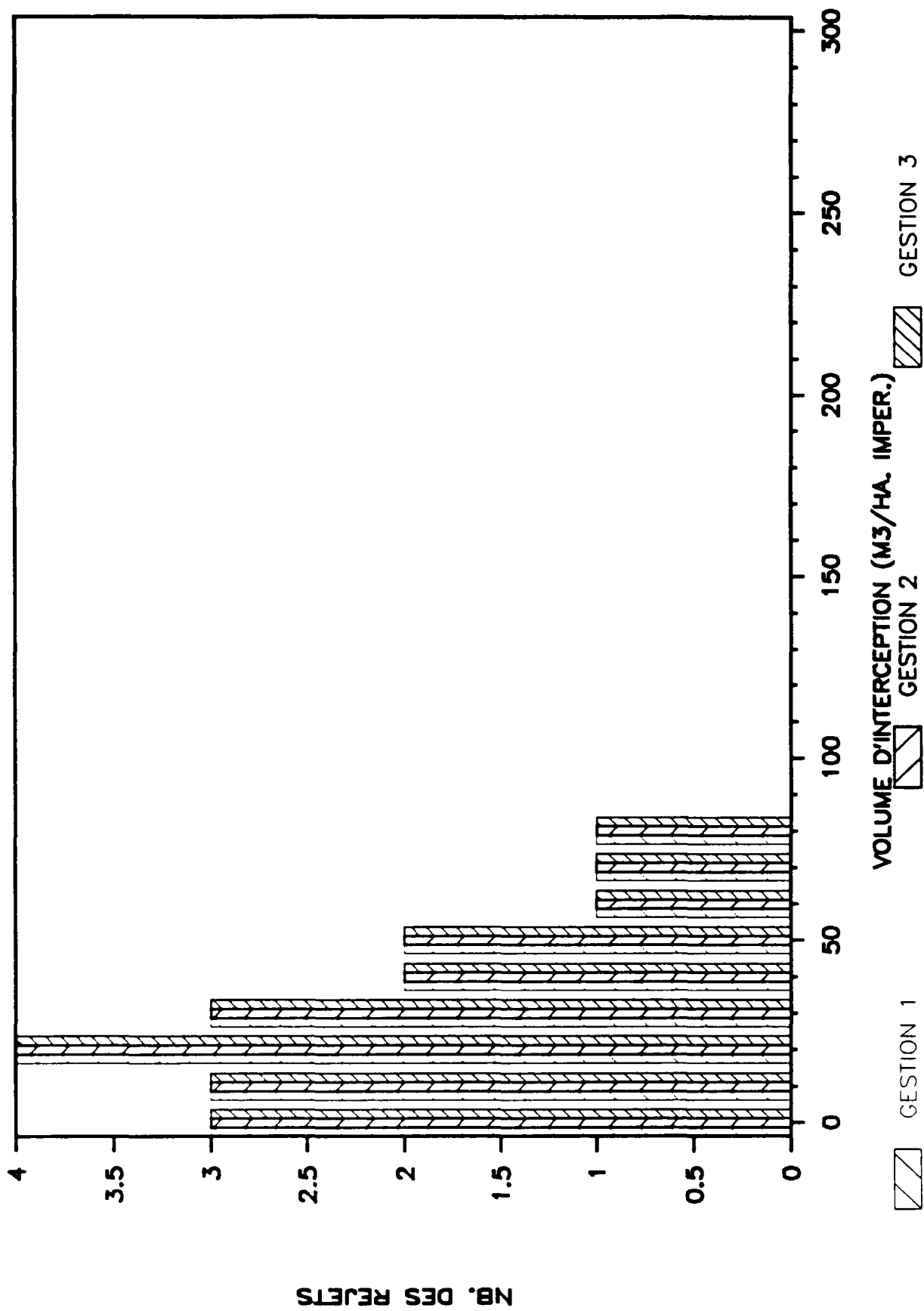
NB. DES REJETS(1%<= <5% MASSE PAR AN)

DCO-MAUREPAS



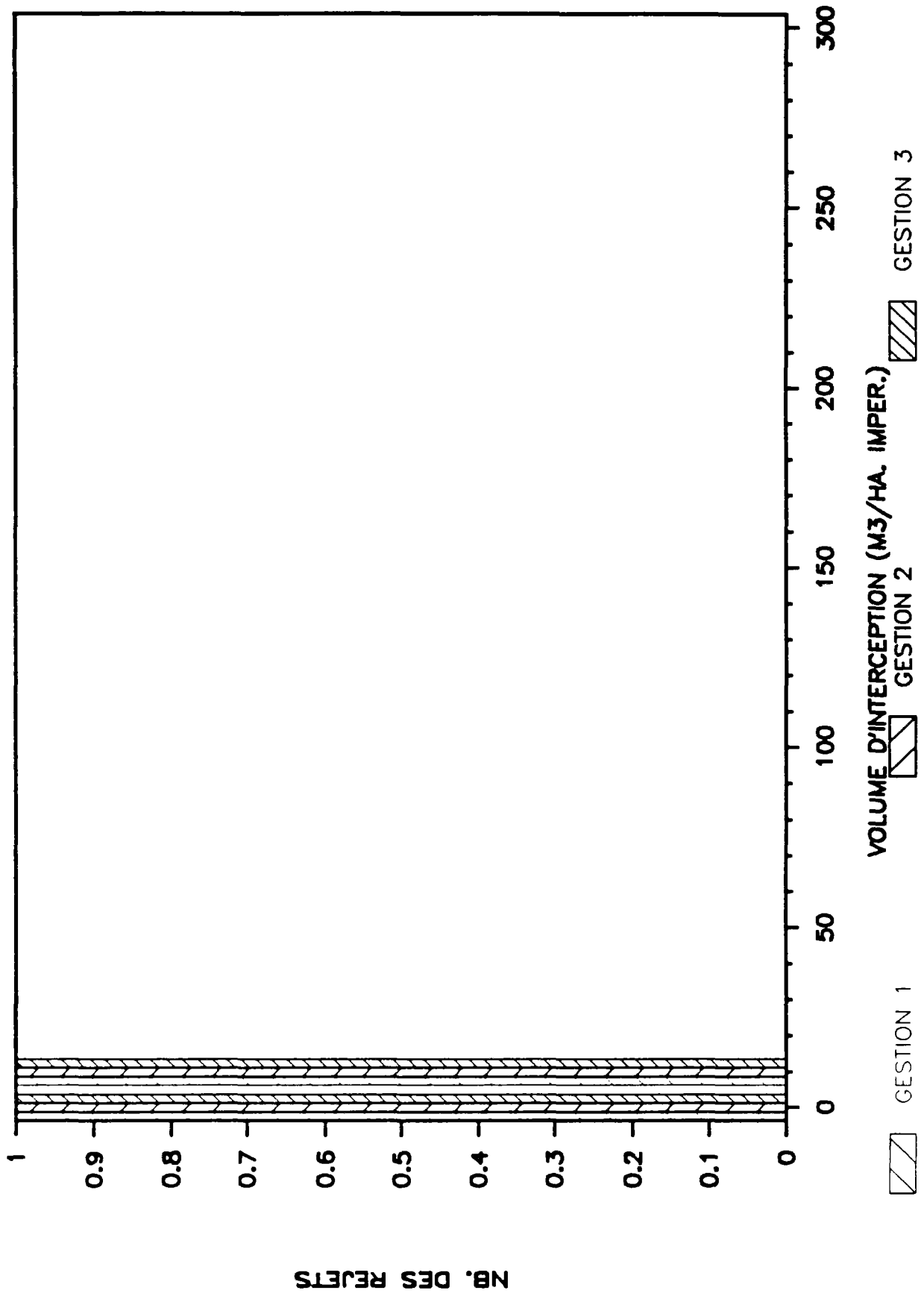
NB. DES REJETS (5% <= <10% MASSE PAR AN)

DCO - MAUREPAS



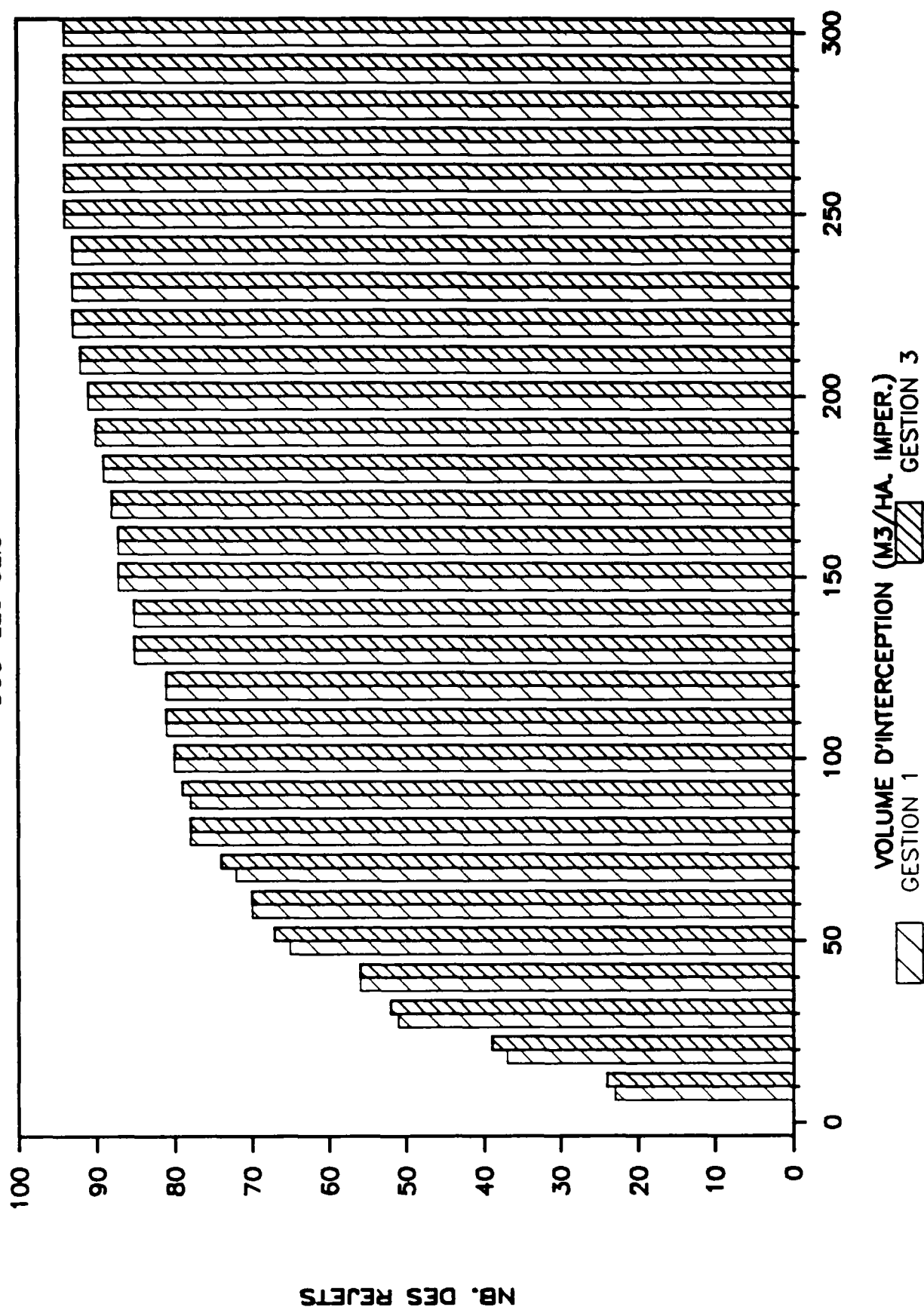
NB. DES REJETS ($\geq 10\%$ CHARGE ANNUELLE)

DCO--MAUREPAS

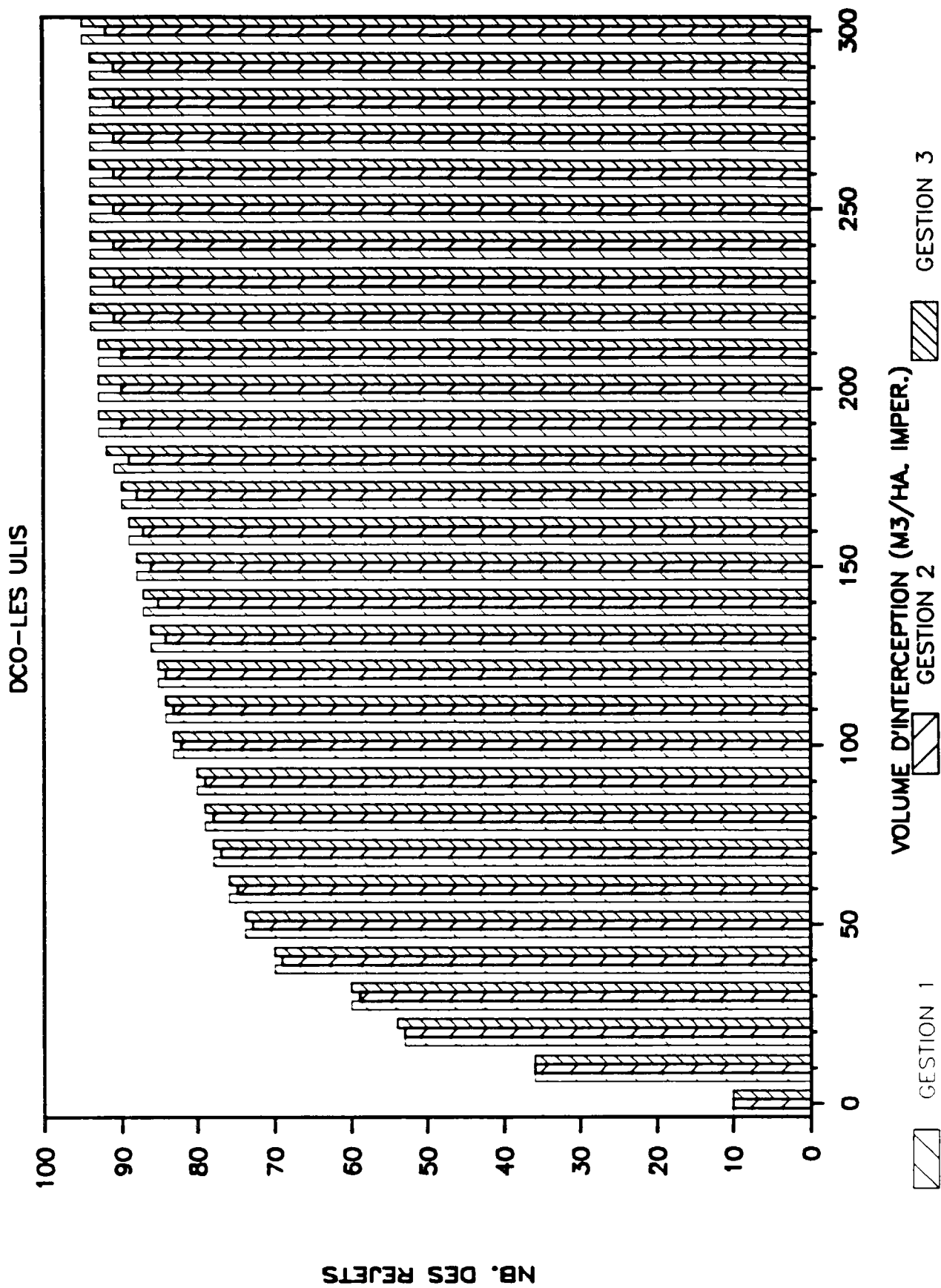


NB. DES EVENEMENTS (REJET = 0 KG)

DCO-LES ULIS

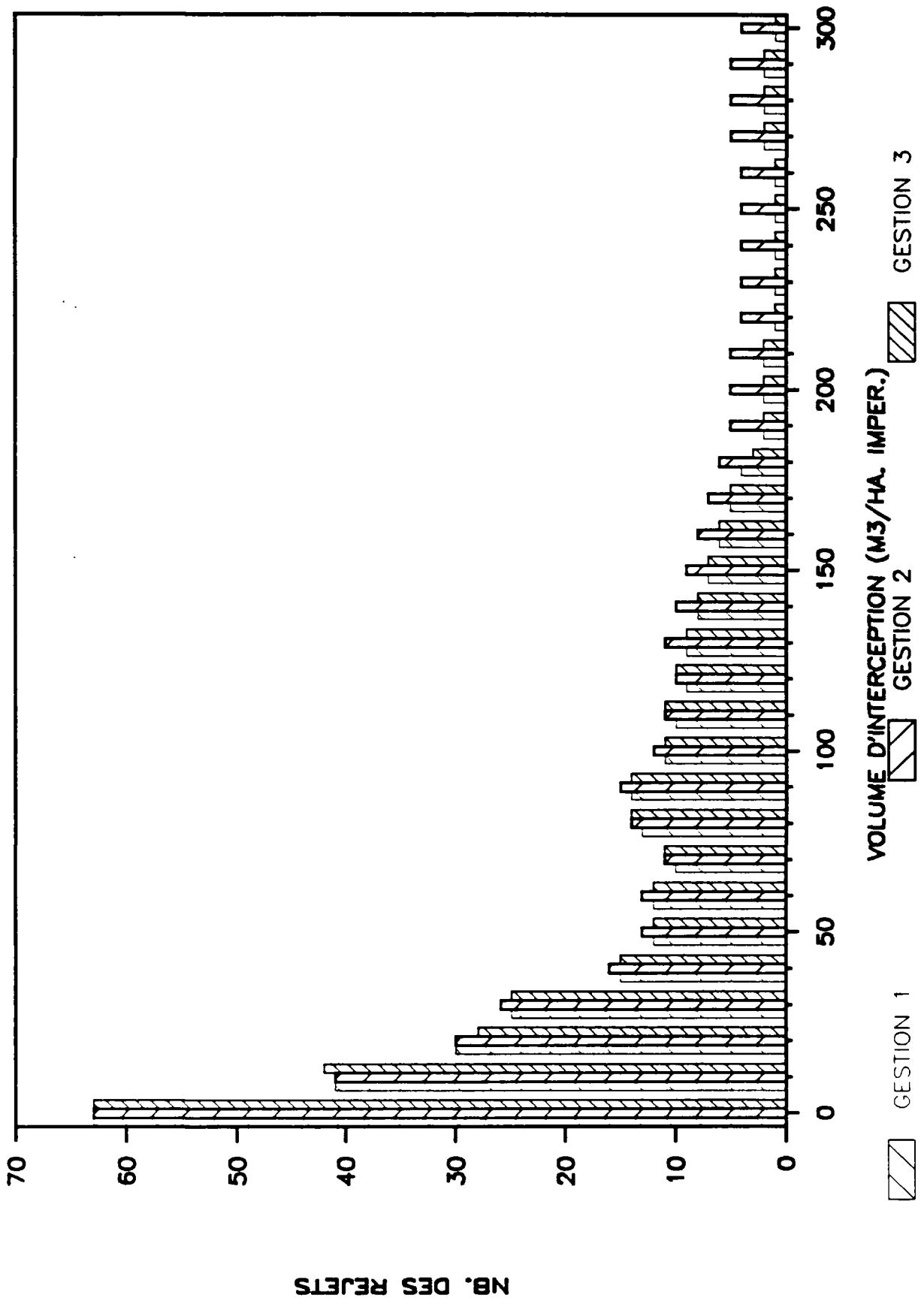


NB. DES REJETS (< 0.1% CHARGE ANNUELLE)



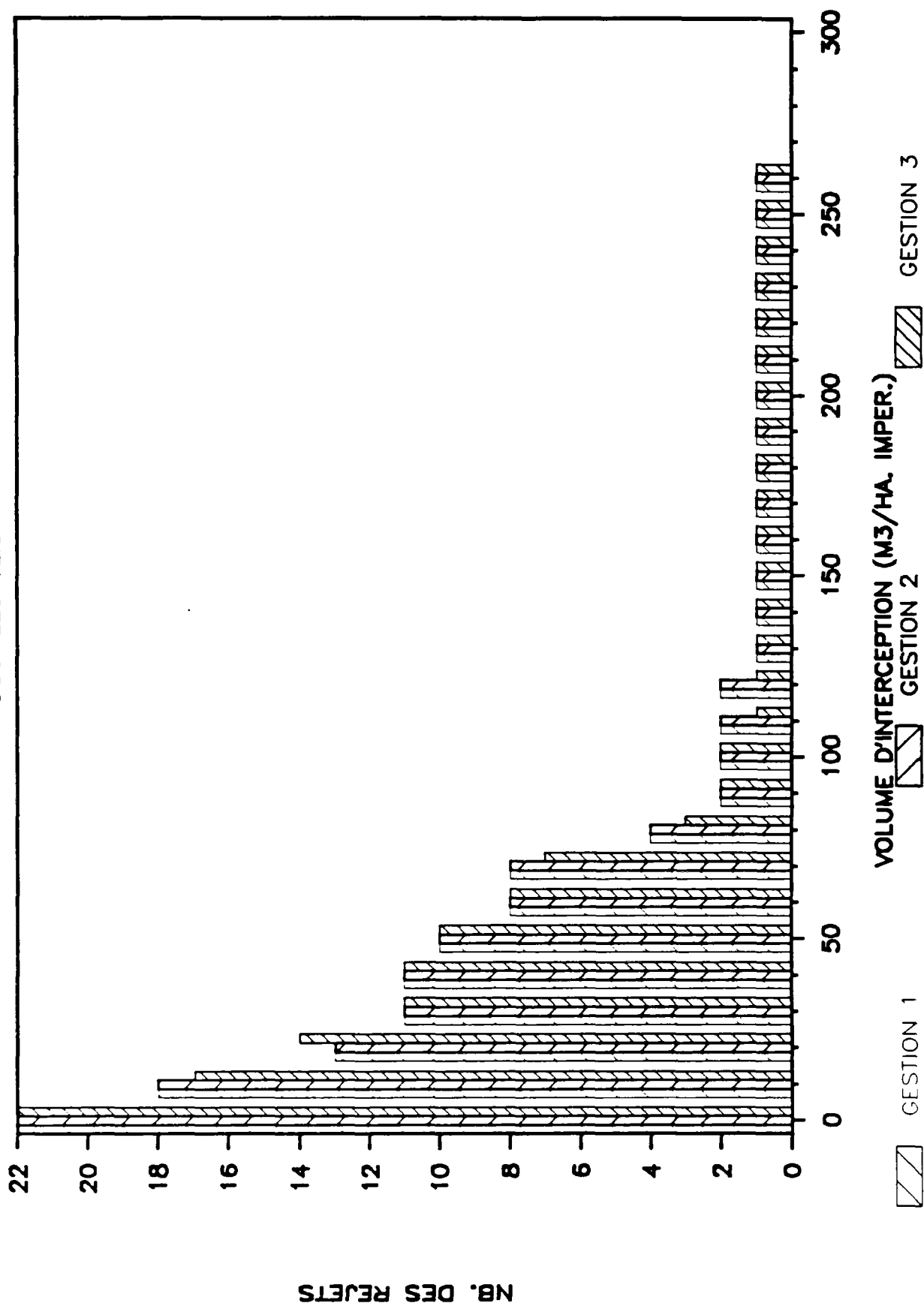
NB. DES REJETS(0.1%<= <1% MASSE PAR AN)

DCO-LES ULIS

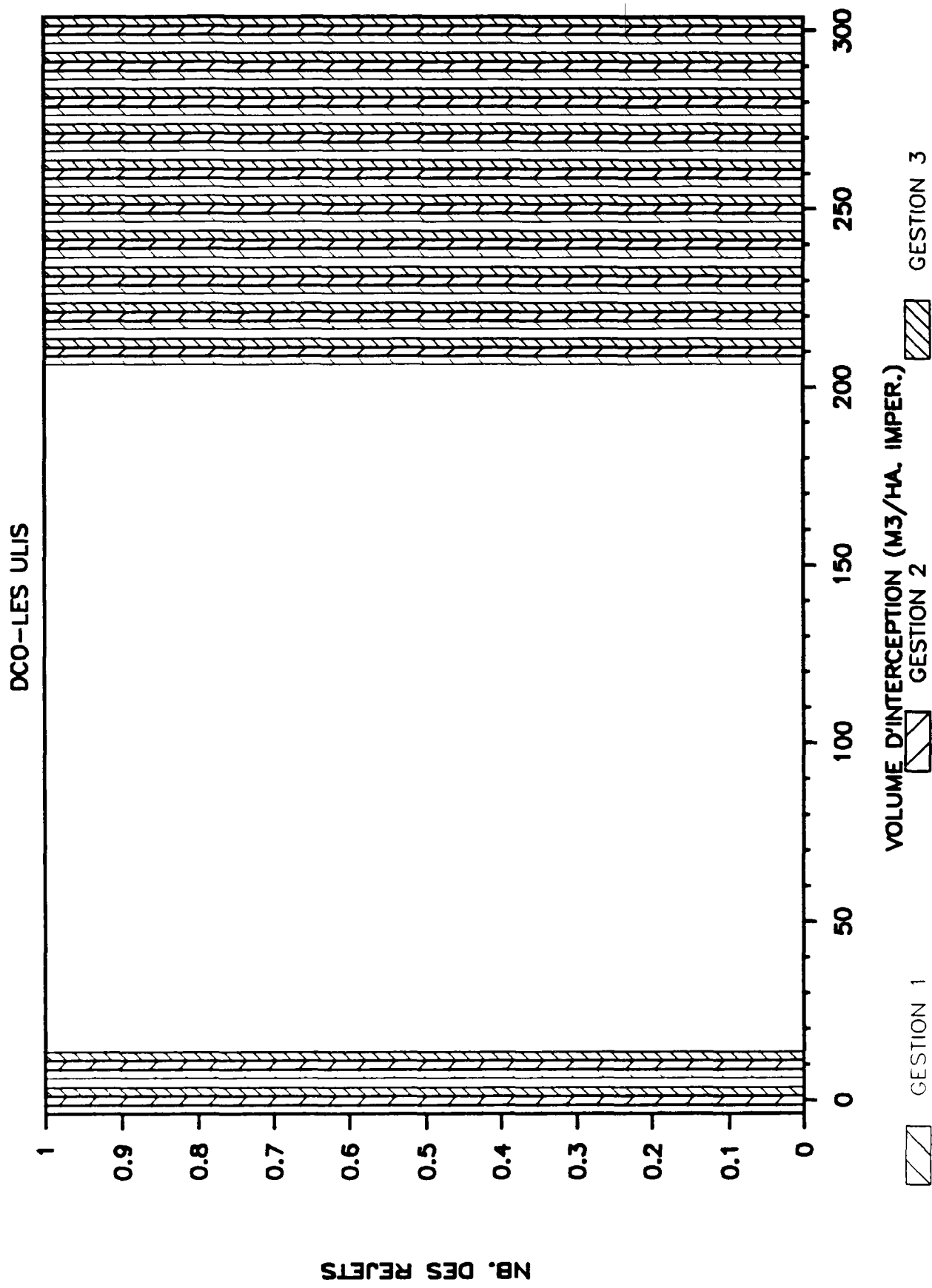


NB. DES REJETS(1%<= <5% MASSE PAR AN)

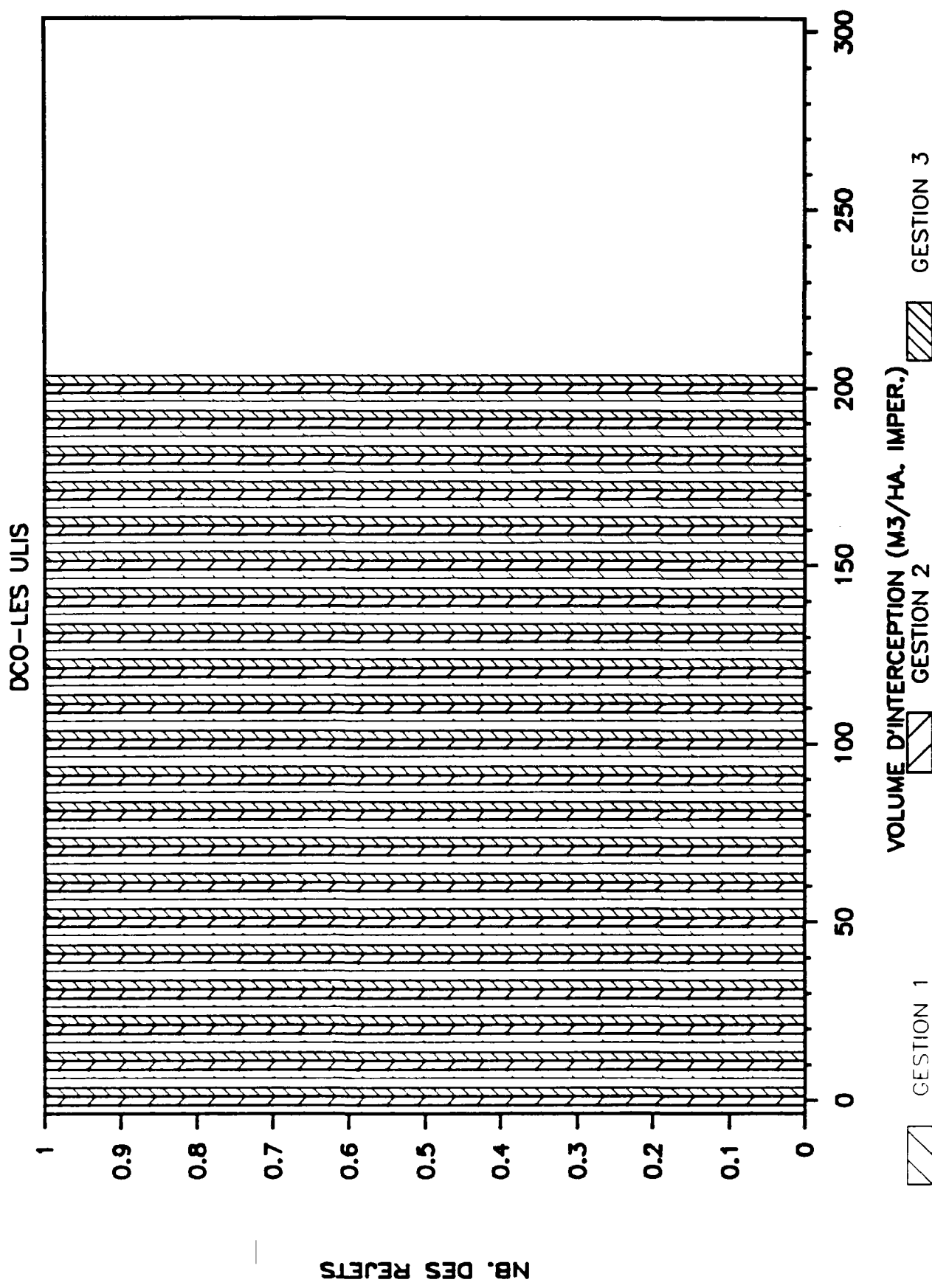
DCO-LES ULIS



NB. DES REJETS (5% <= <10% MASSE PAR AN)

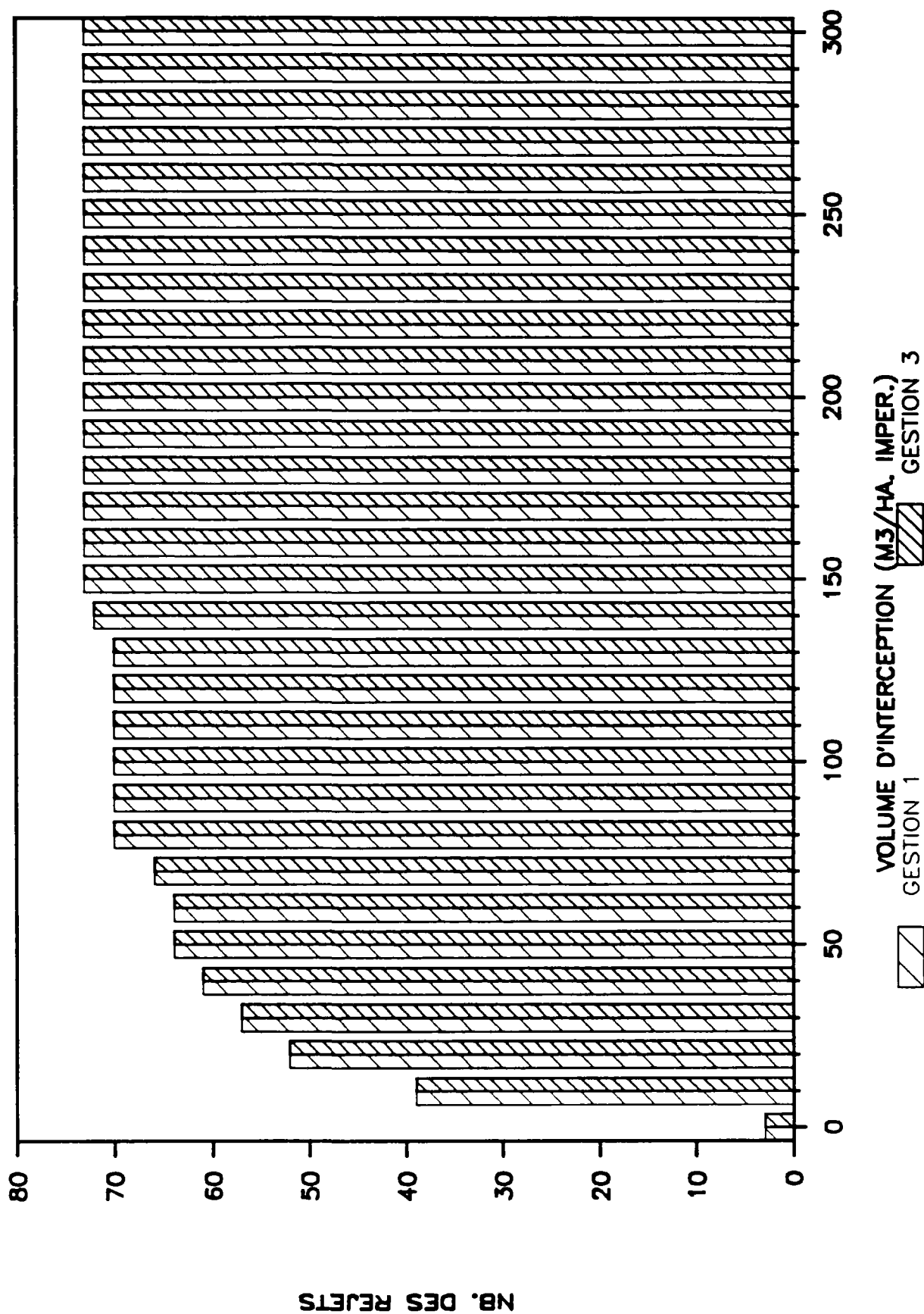


NB. DES REJETS ($\geq 10\%$ CHARGE ANNUELLE)



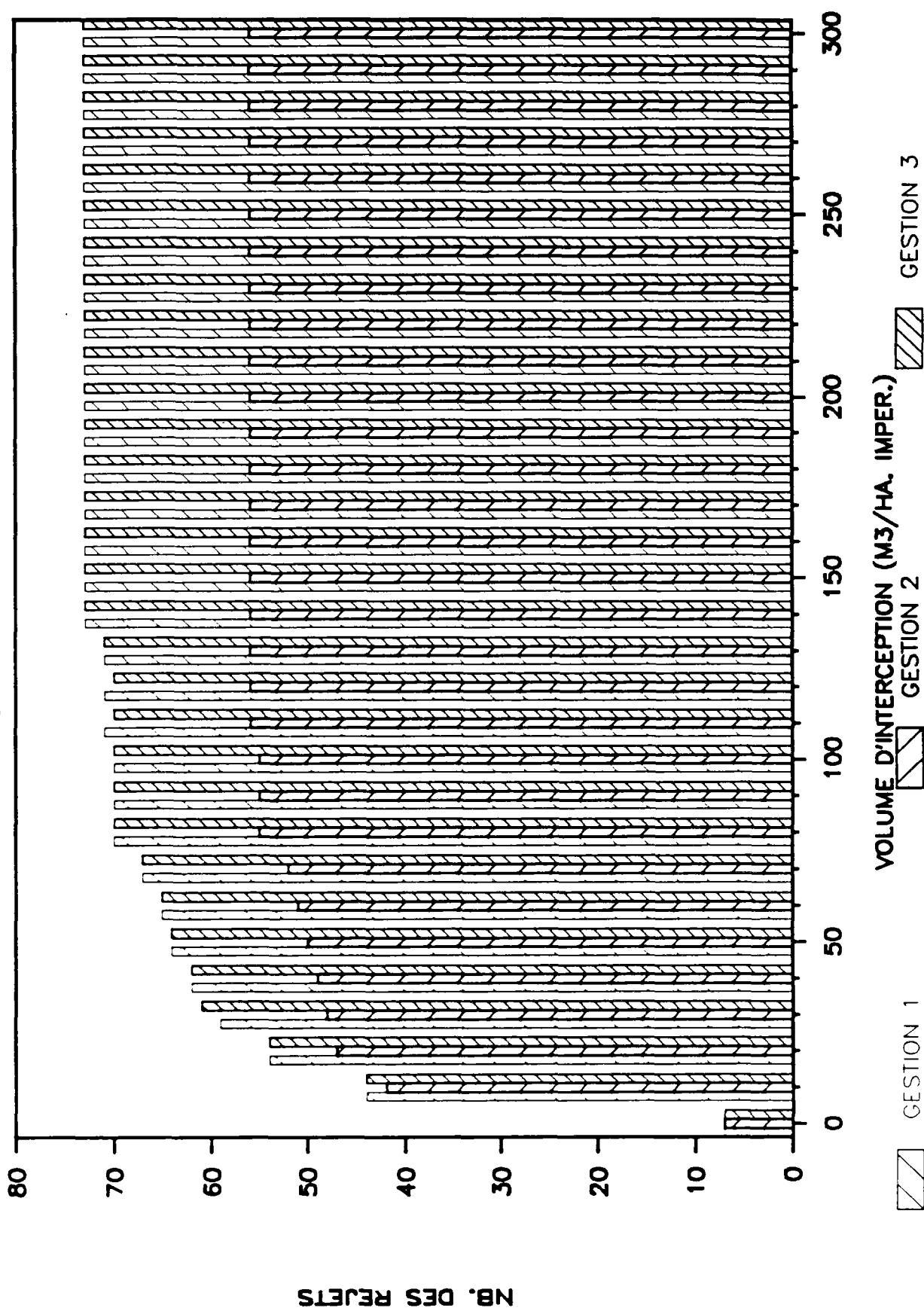
NB. DES EVENEMENTS (REJET=0 KG)

DB05-AIX NORD



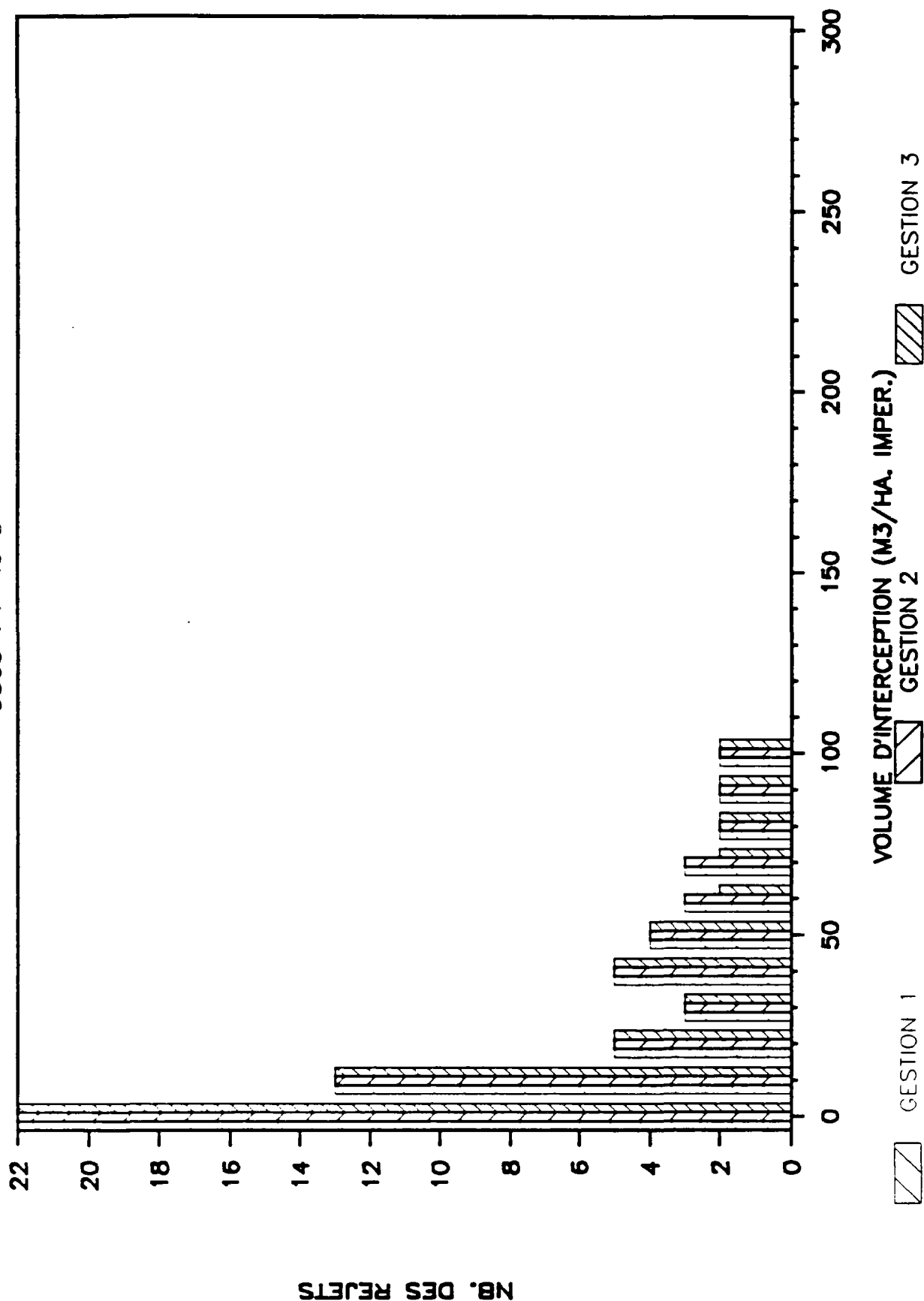
NB. DES REJETS (< 0.1% CHARGE ANNUELLE)

DB05-AIX NORD



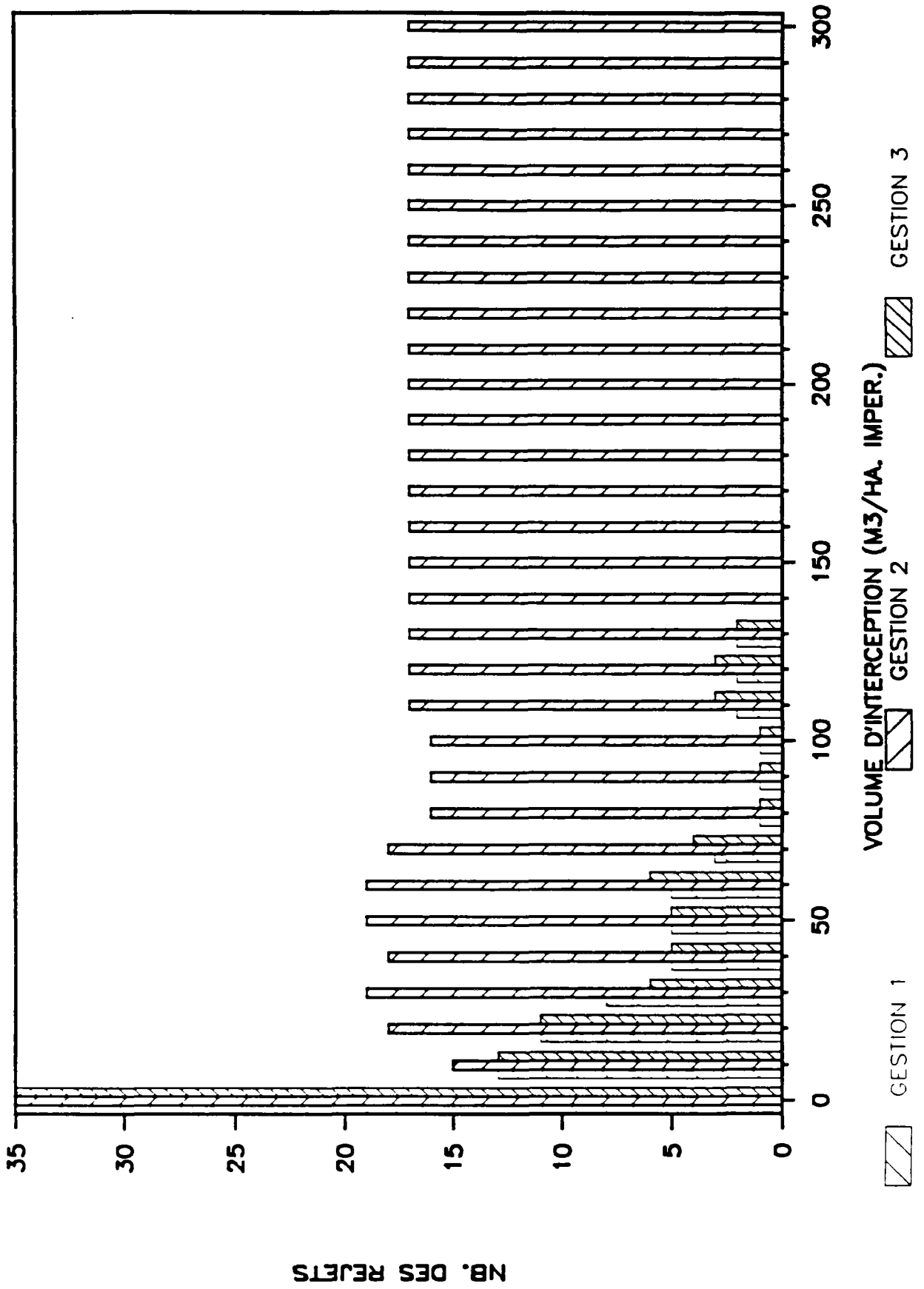
NB. DES REJETS(1%<= <5% MASSE PAR AN)

DB05--AIX NORD



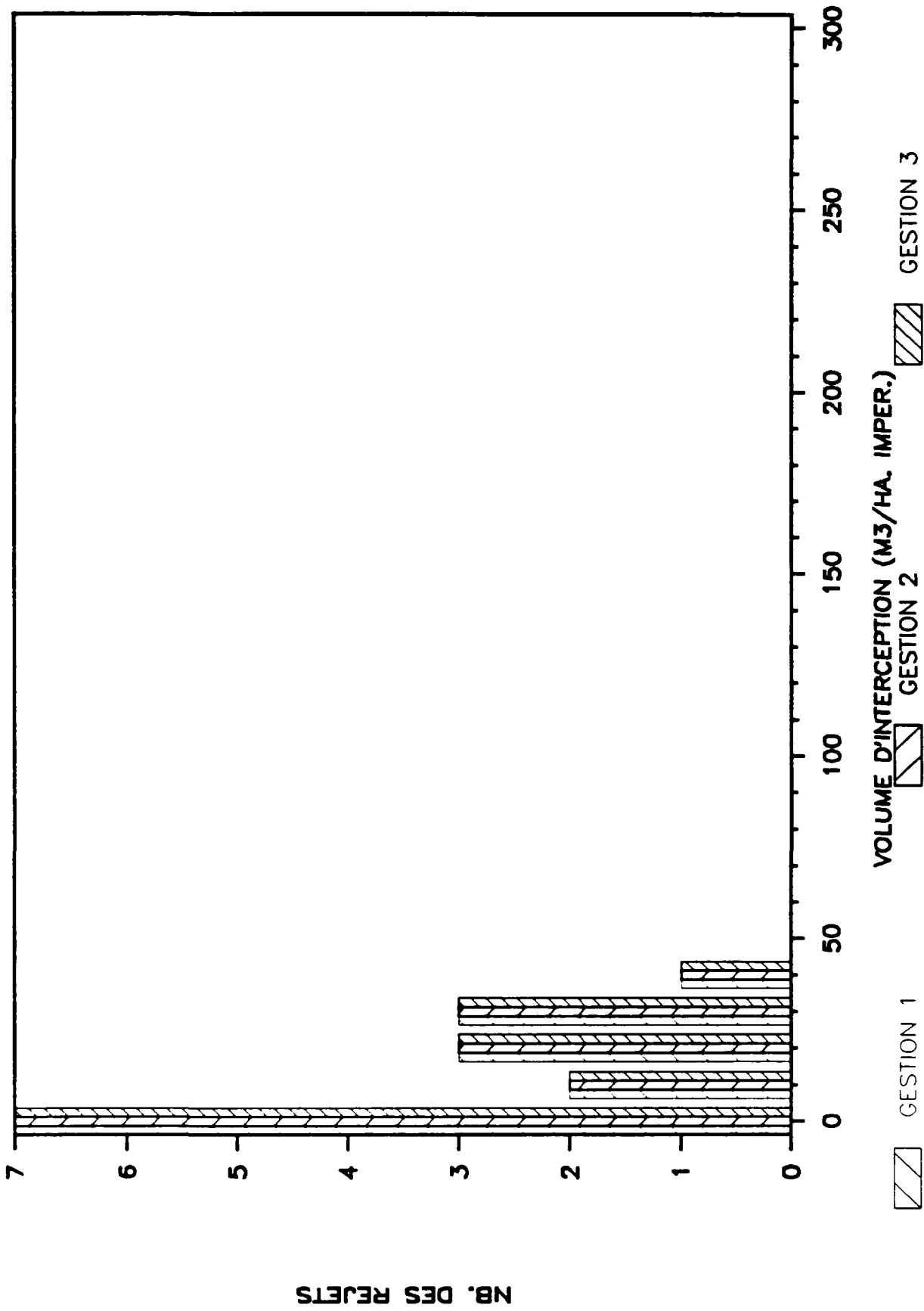
NB. DES REJETS(0.1%<= <1% masse par an)

DB05--AIX NORD



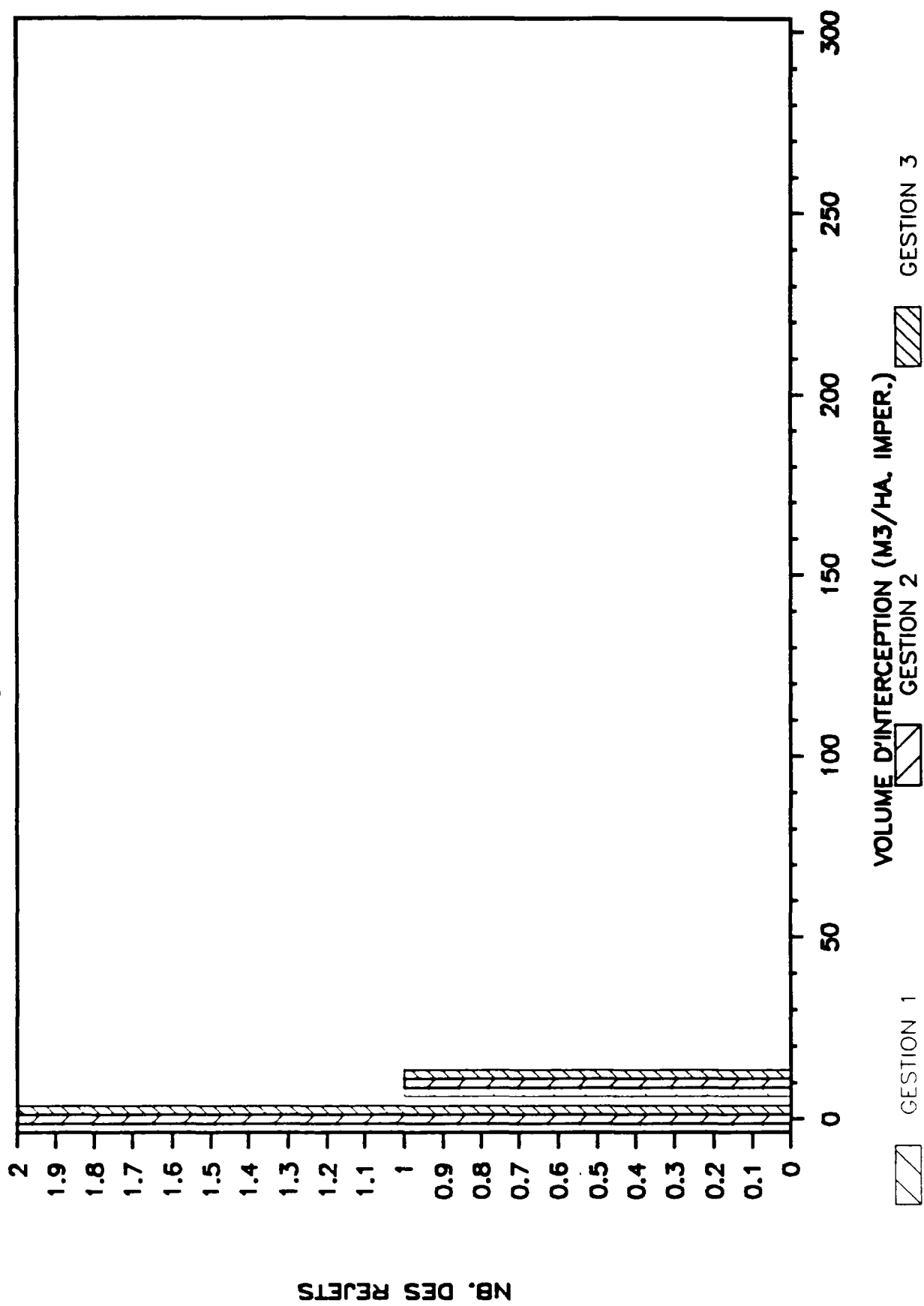
NB. DES REJETS(5%<= <10% MASSE PAR AN)

DB05--AIX NORD



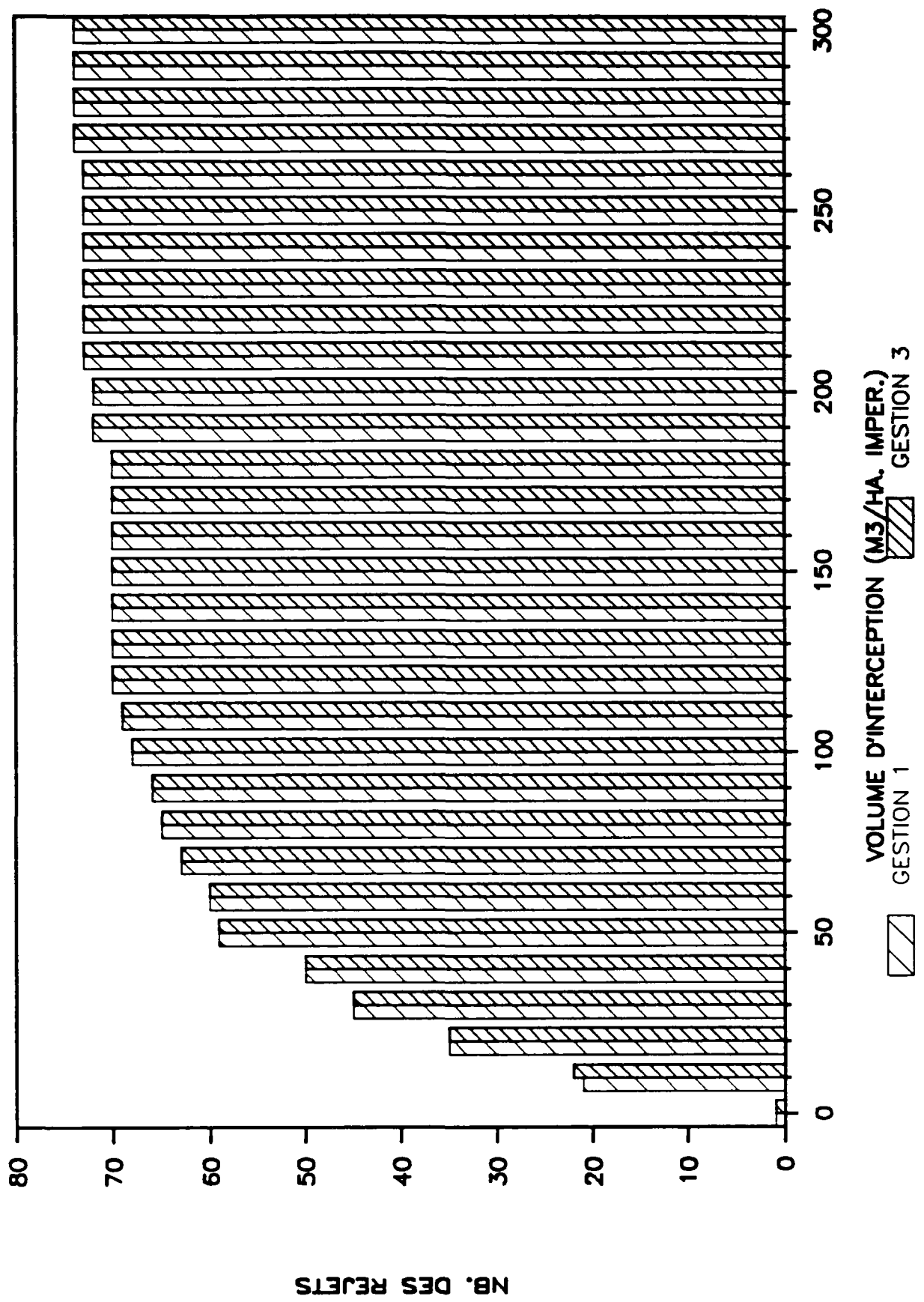
NB. DES REJETS ($\geq 10\%$ CHARGE ANNUELLE)

DB05-AIX NORD



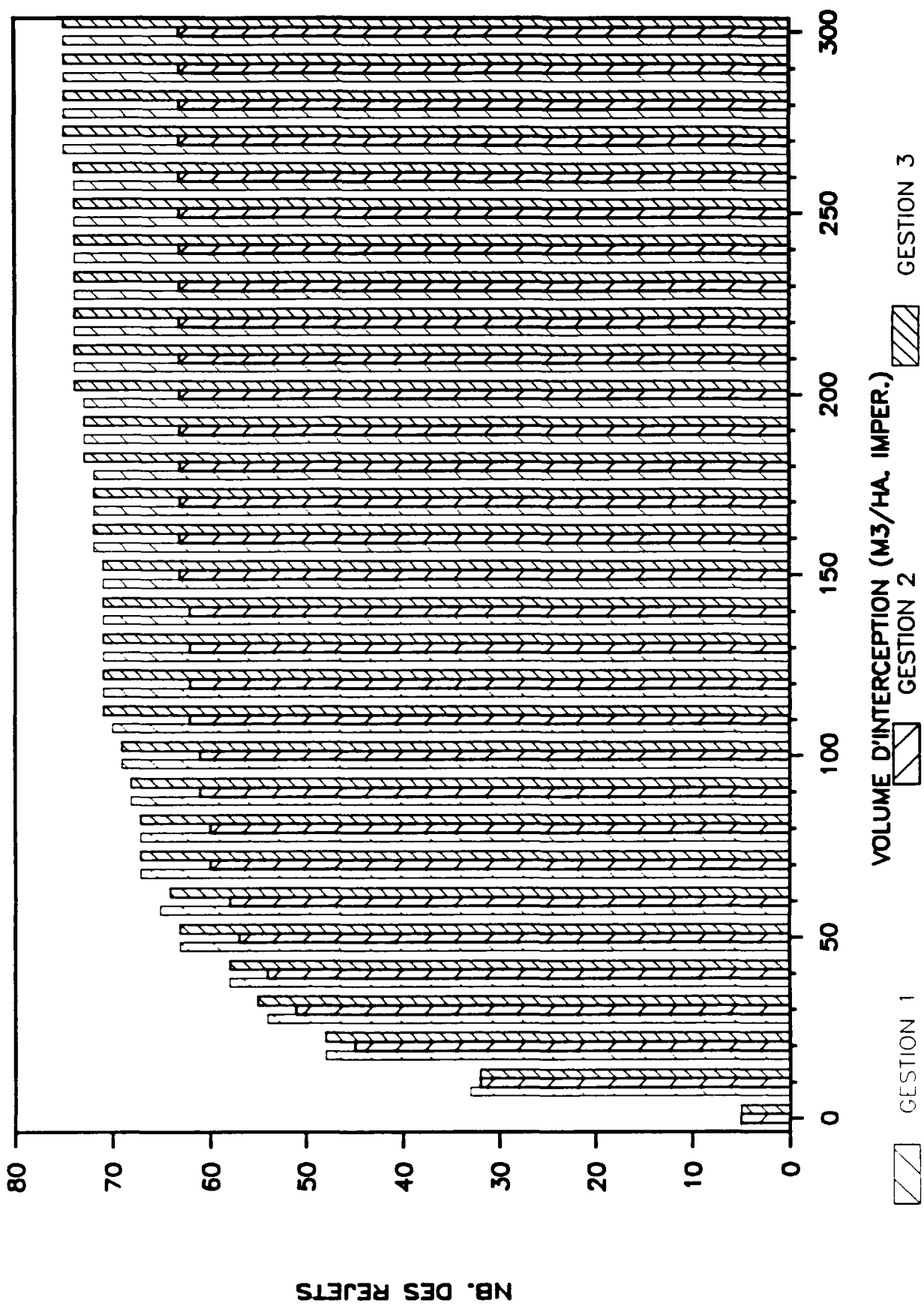
NB. DES EVENEMENTS (REJET=0 KG)

DB05-AIX ZUP



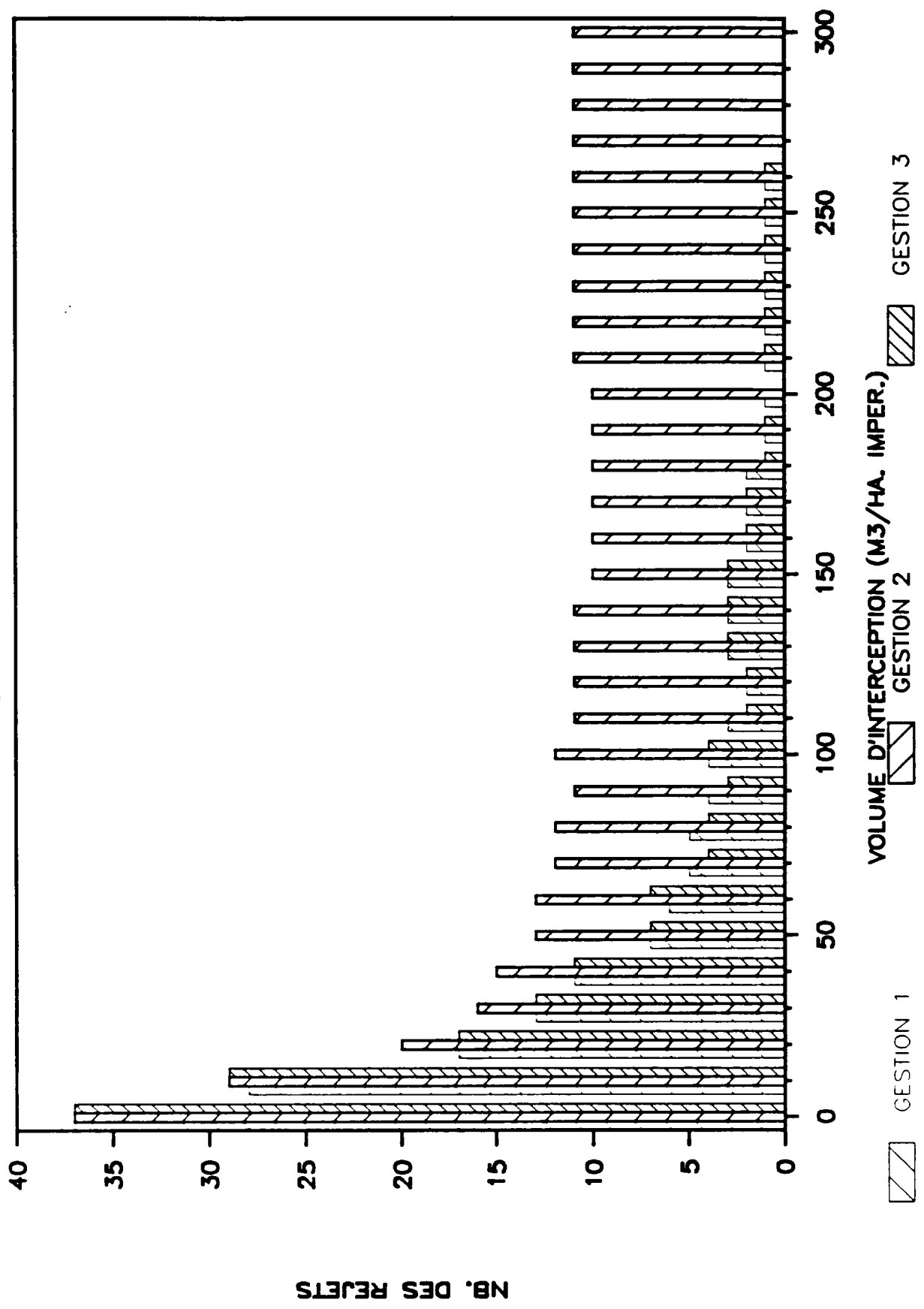
NB. DES REJETS (< 0.1% CHARGE ANNUELLE)

DB05-AIX ZUP



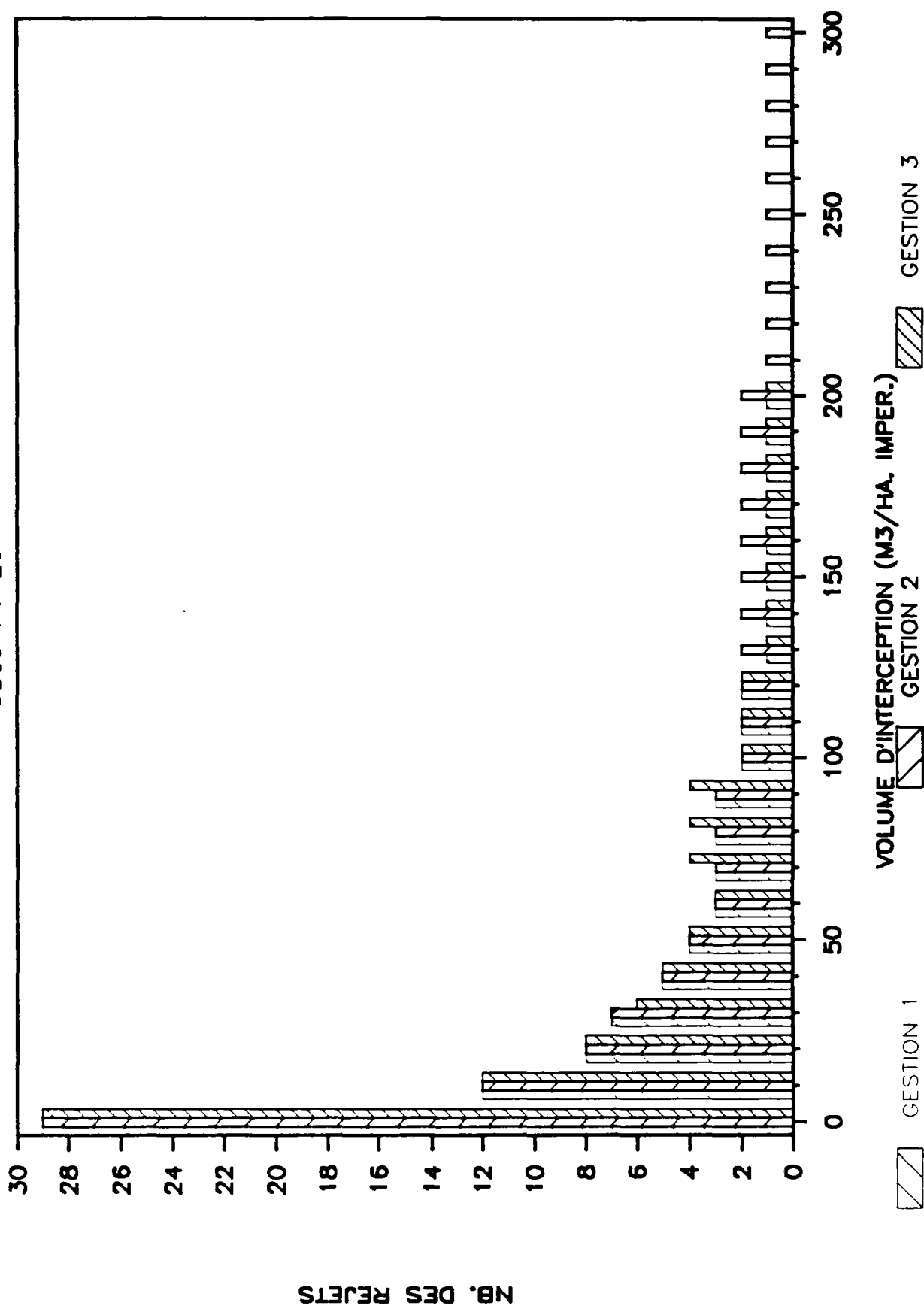
NB. DES REJETS(0.1%<= <1% masse par an)

DB05--AIX ZUP



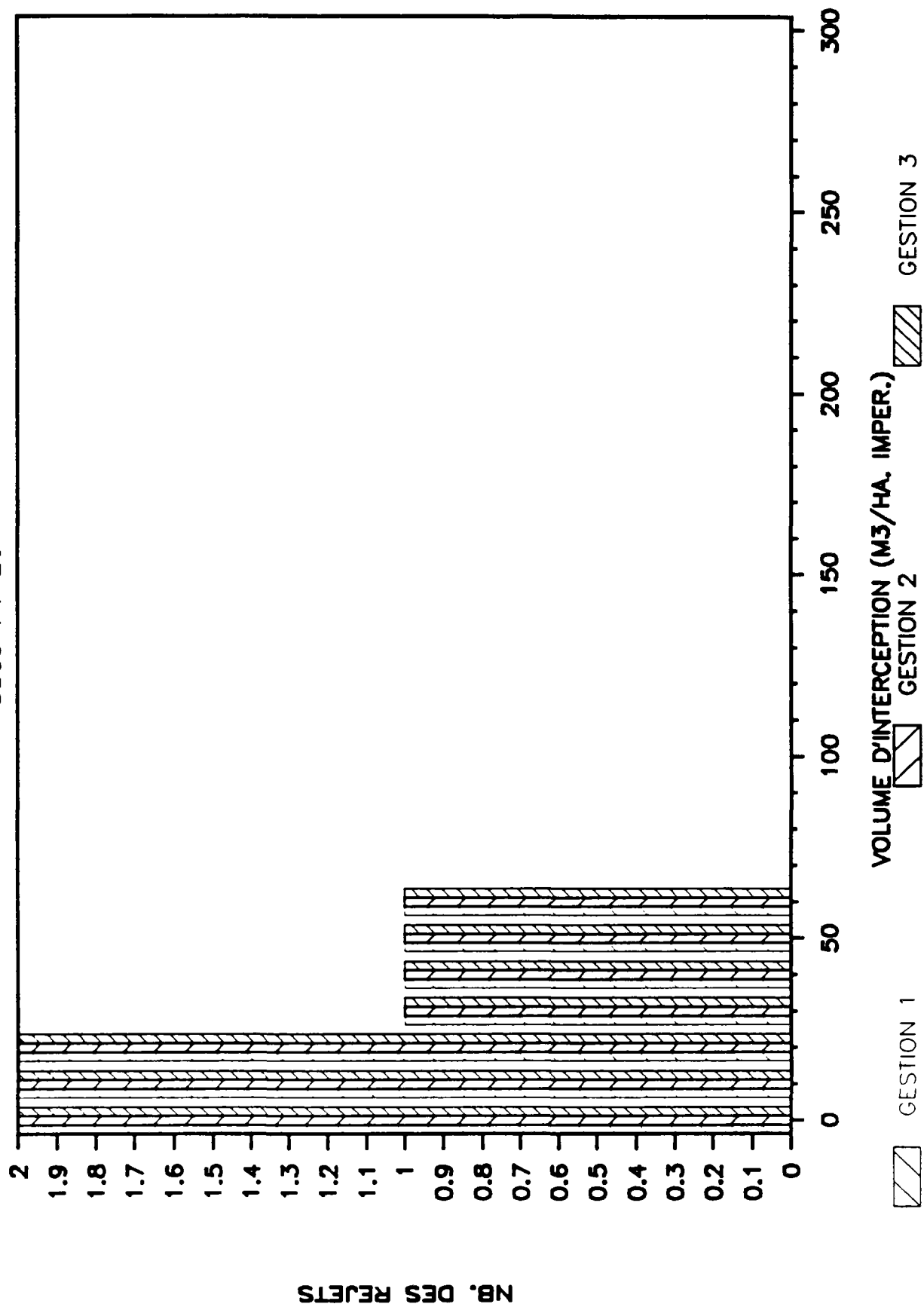
NB. DES REJETS(1%≤ <5% MASSE PAR AN)

DB05--AIX ZUP



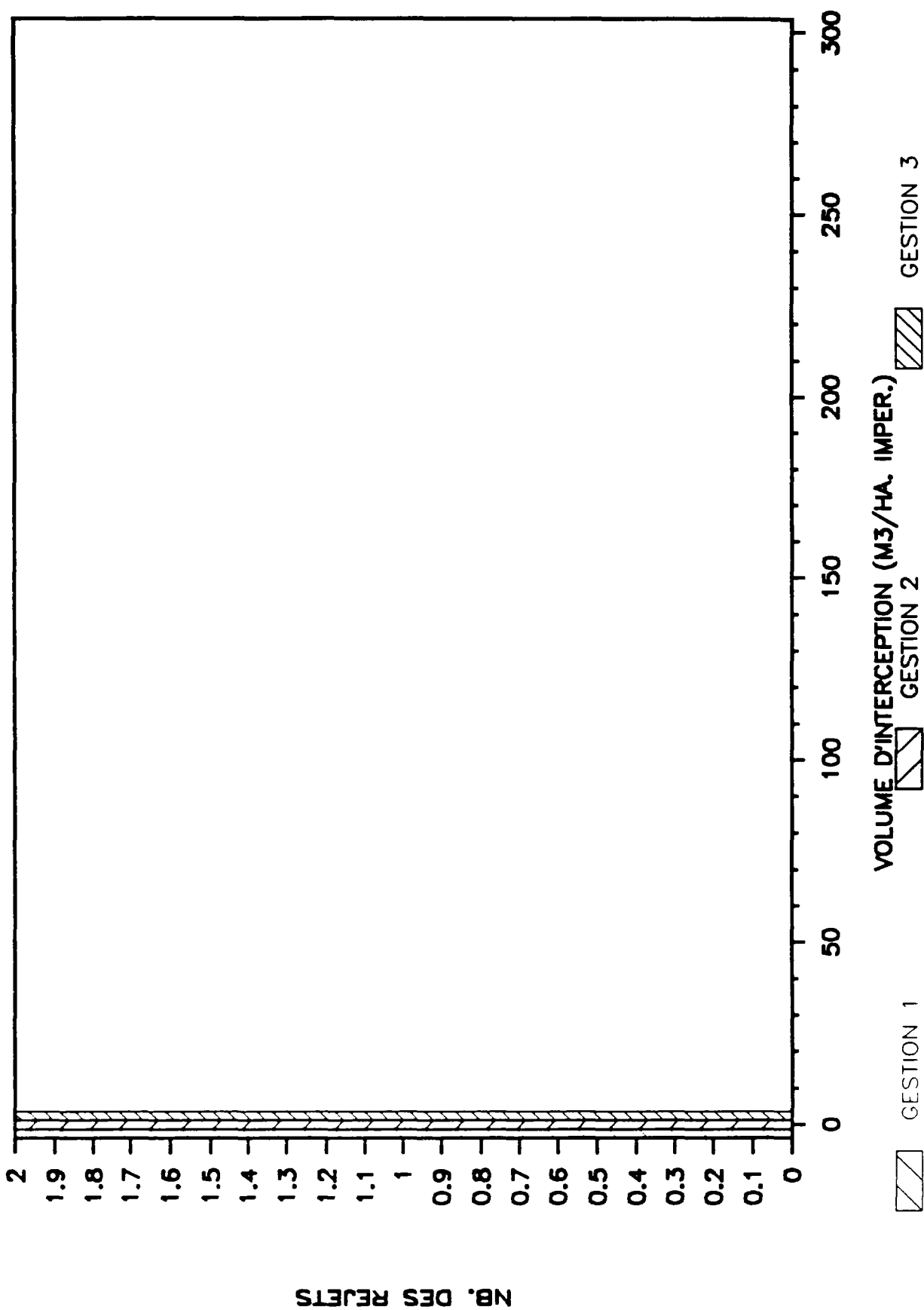
NB. DES REJETS(5%<= <10% MASSE PAR AN)

DB05--AIX ZUP



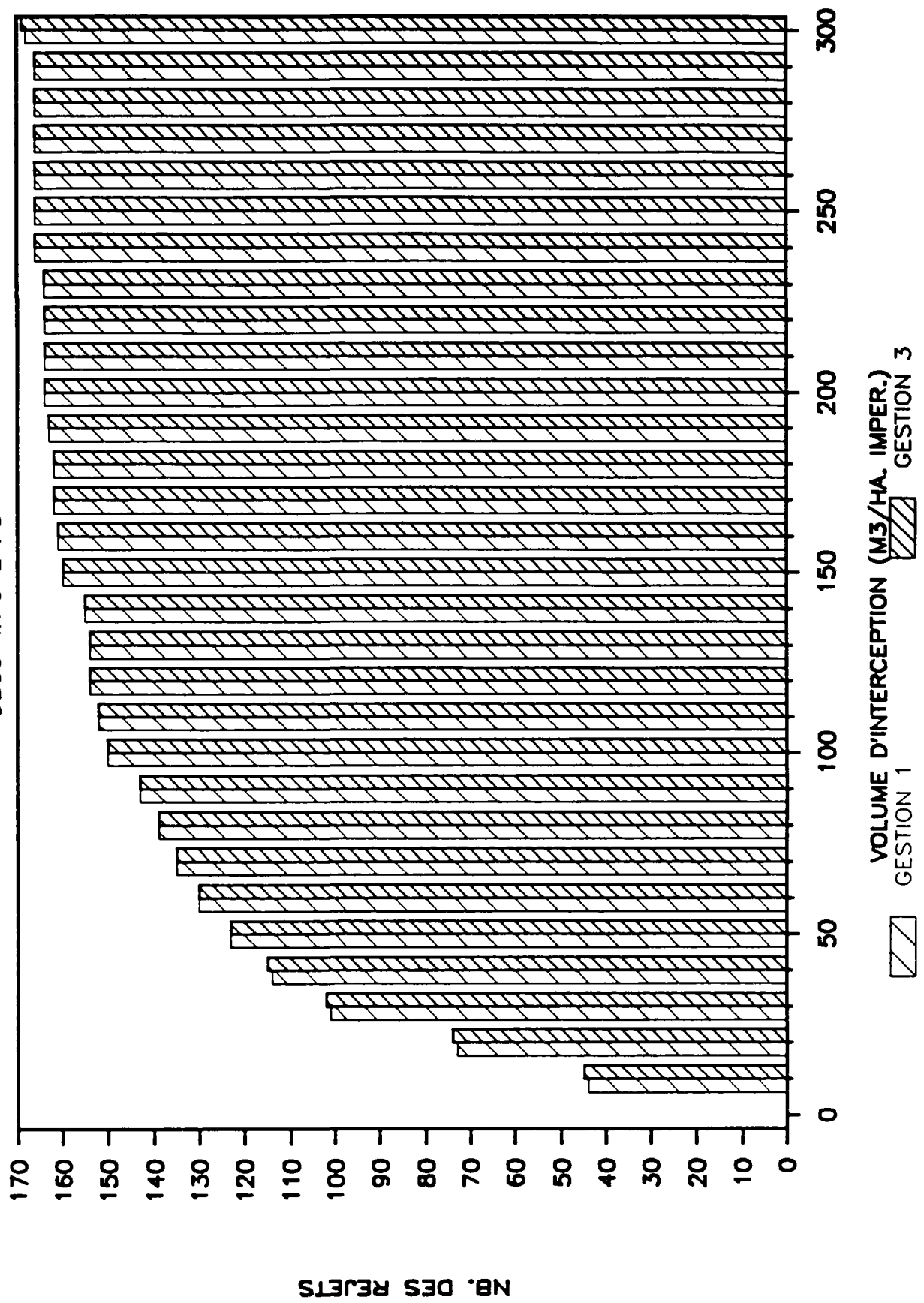
NB. DES REJETS (>=10% CHARGE ANNUELLE)

DB05--AIX ZUP



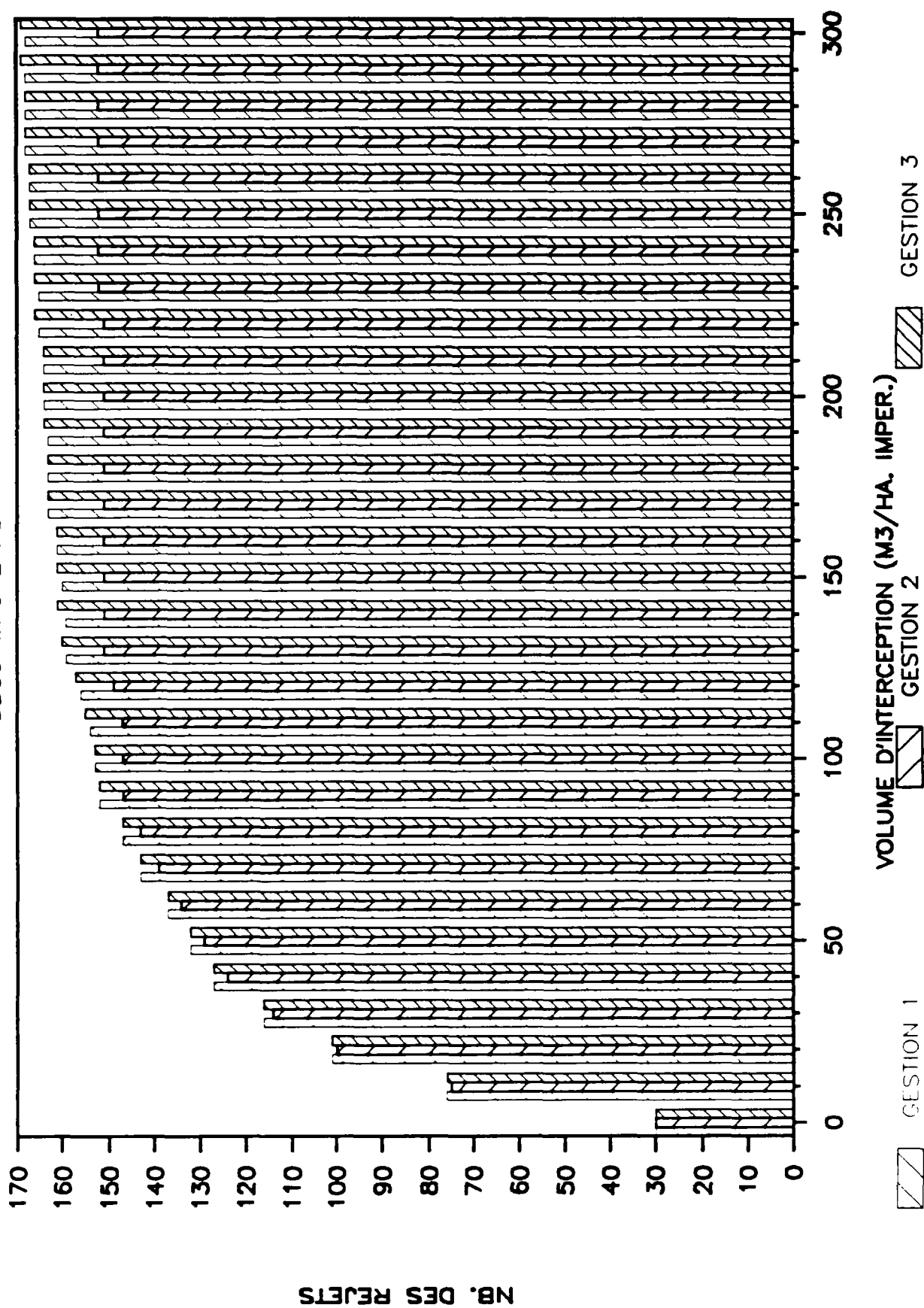
NB. DES EVENEMENTS (REJET=0 KG)

DBO5 - MAUREPAS



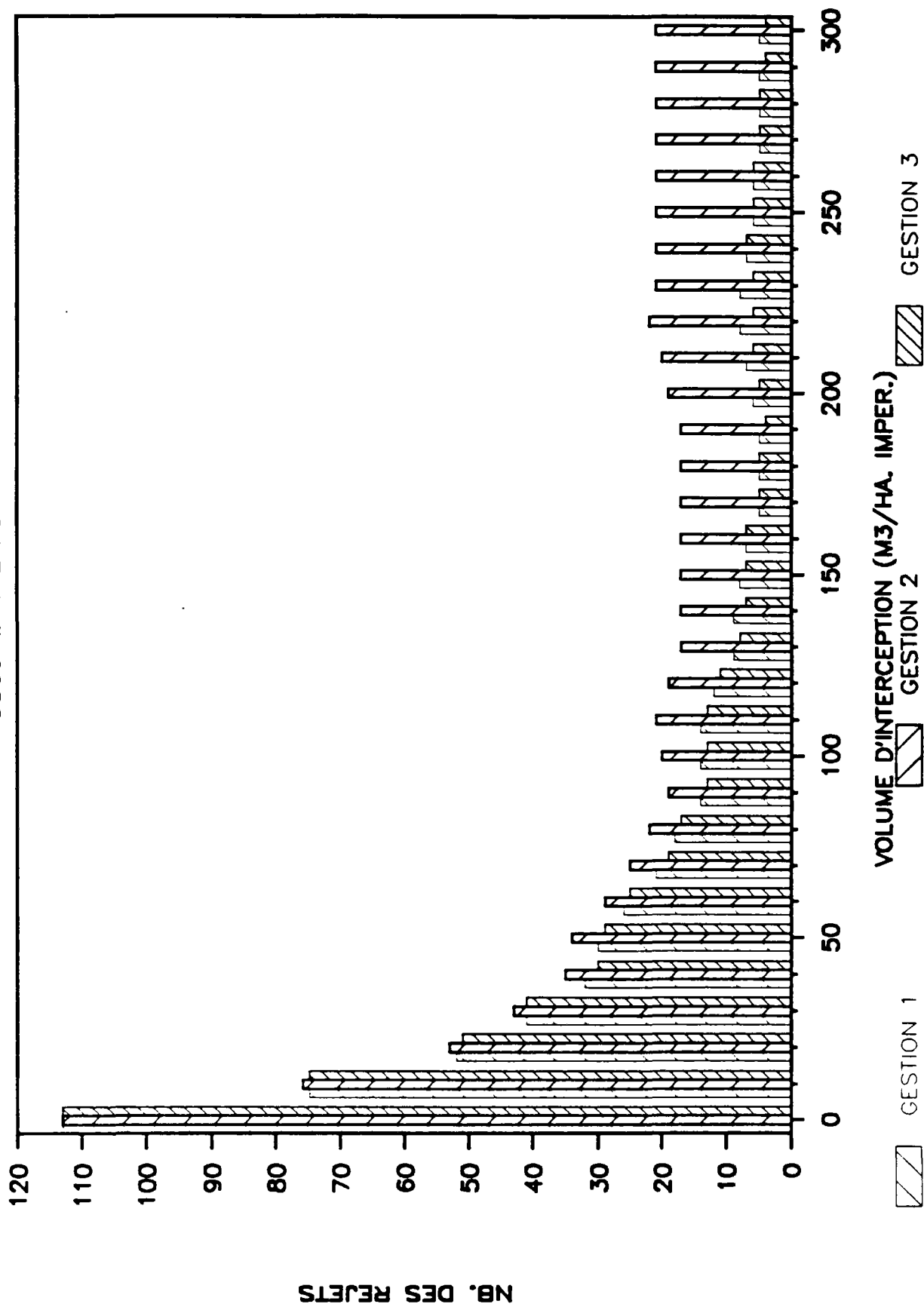
NB. DES REJETS (< 0.1% CHARGE ANNUELLE)

DB05—MAUREPAS



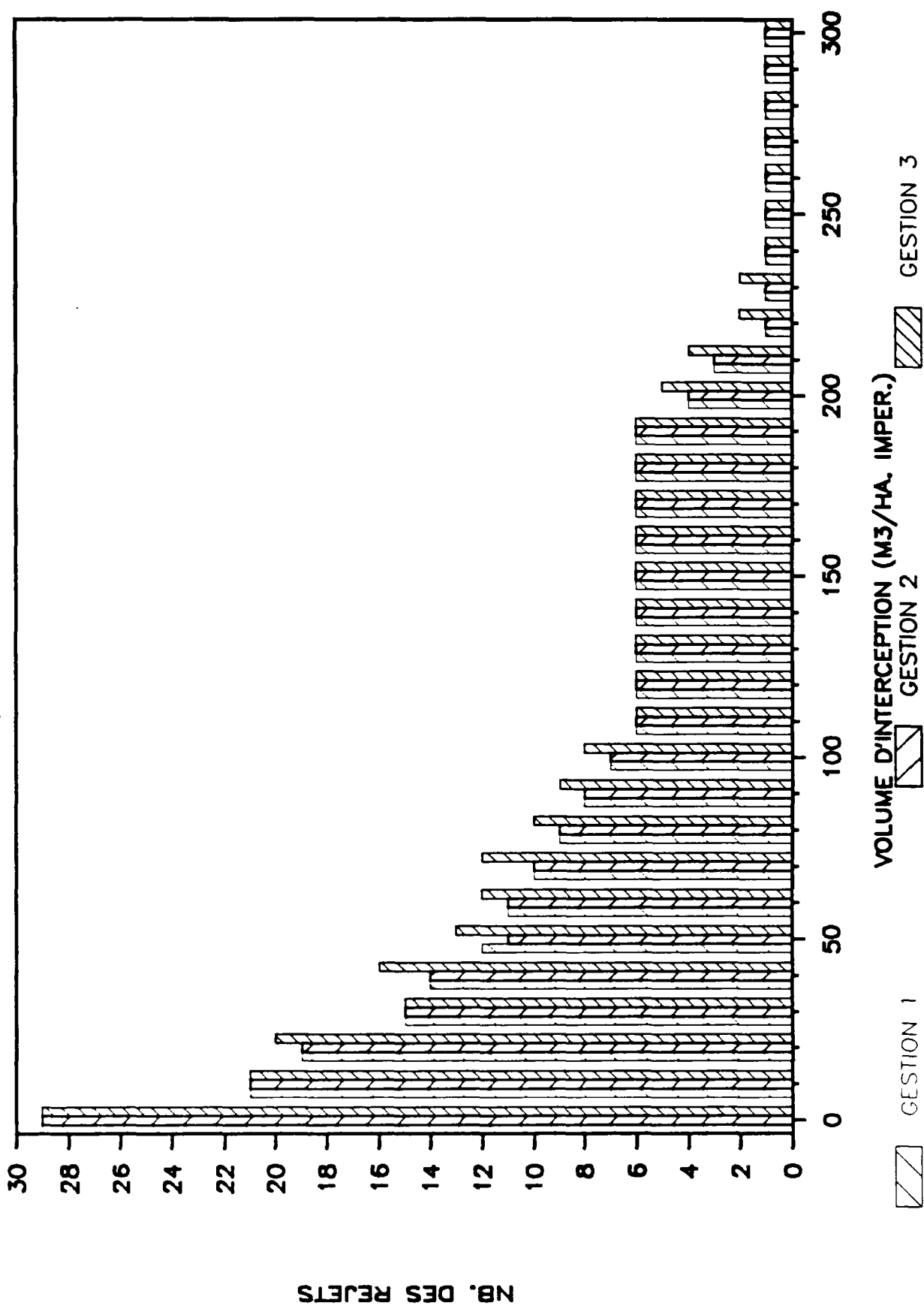
NB. DES REJETS(0.1%<= <1% masse par an)

DBO5 - MAUREPAS



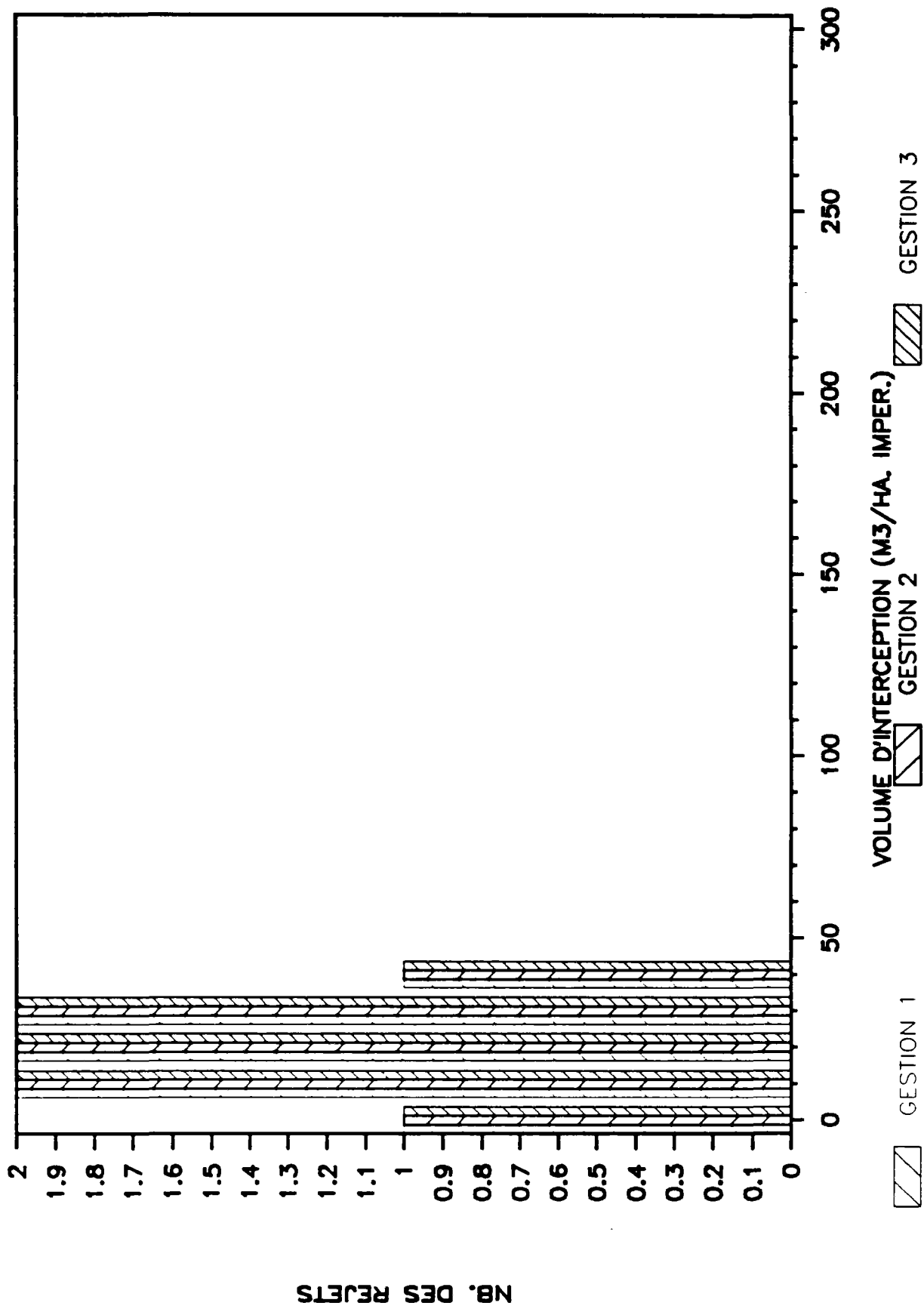
NB. DES REJETS(1%≤ <5% MASSE PAR AN)

DB05-MAUREPAS



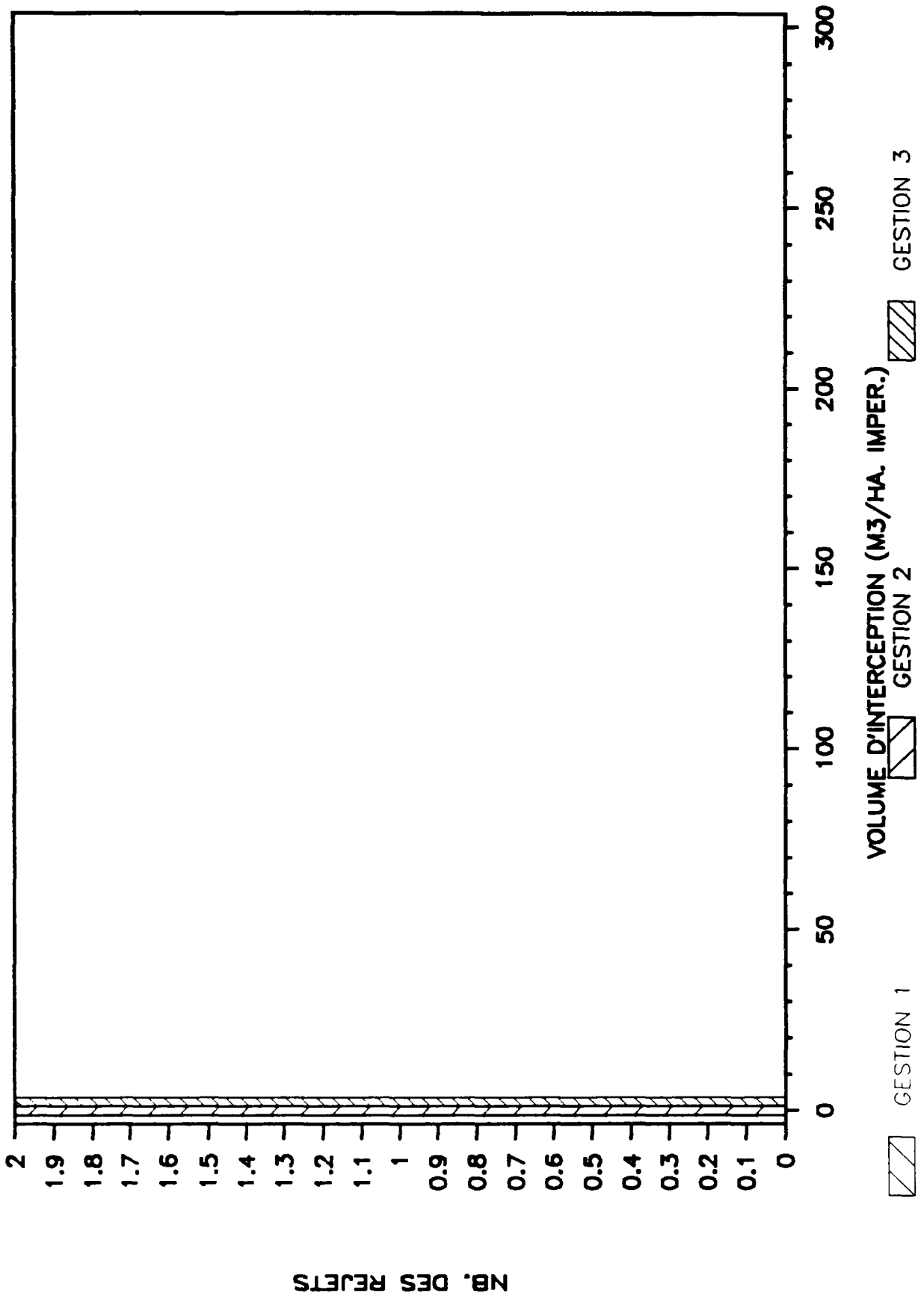
NB. DES REJETS(5%<= <10% MASSE PAR AN)

DBO5-MAUREPAS



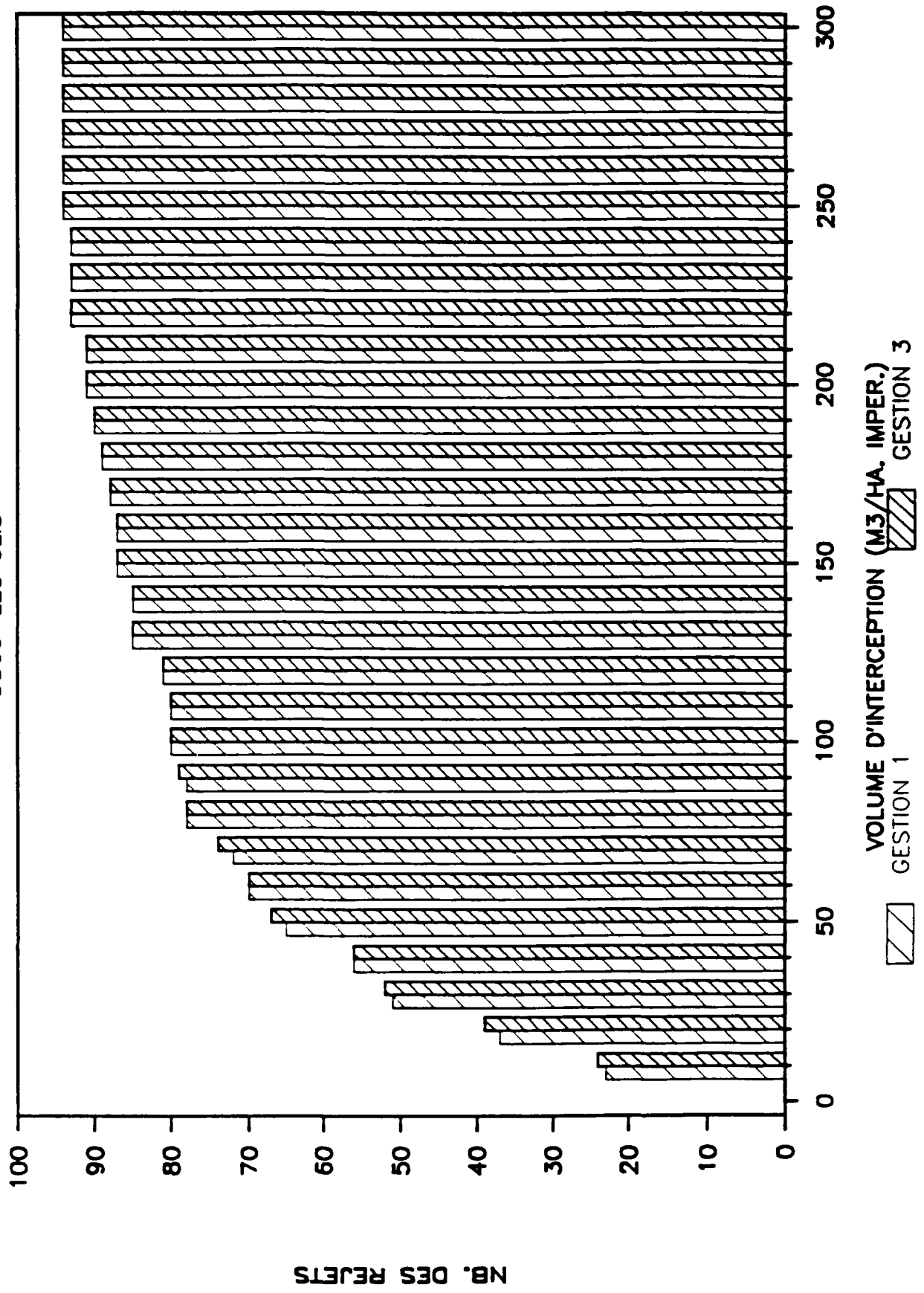
NB. DES REJETS ($\geq 10\%$ CHARGE ANNUELLE)

DB05—MAUREPAS



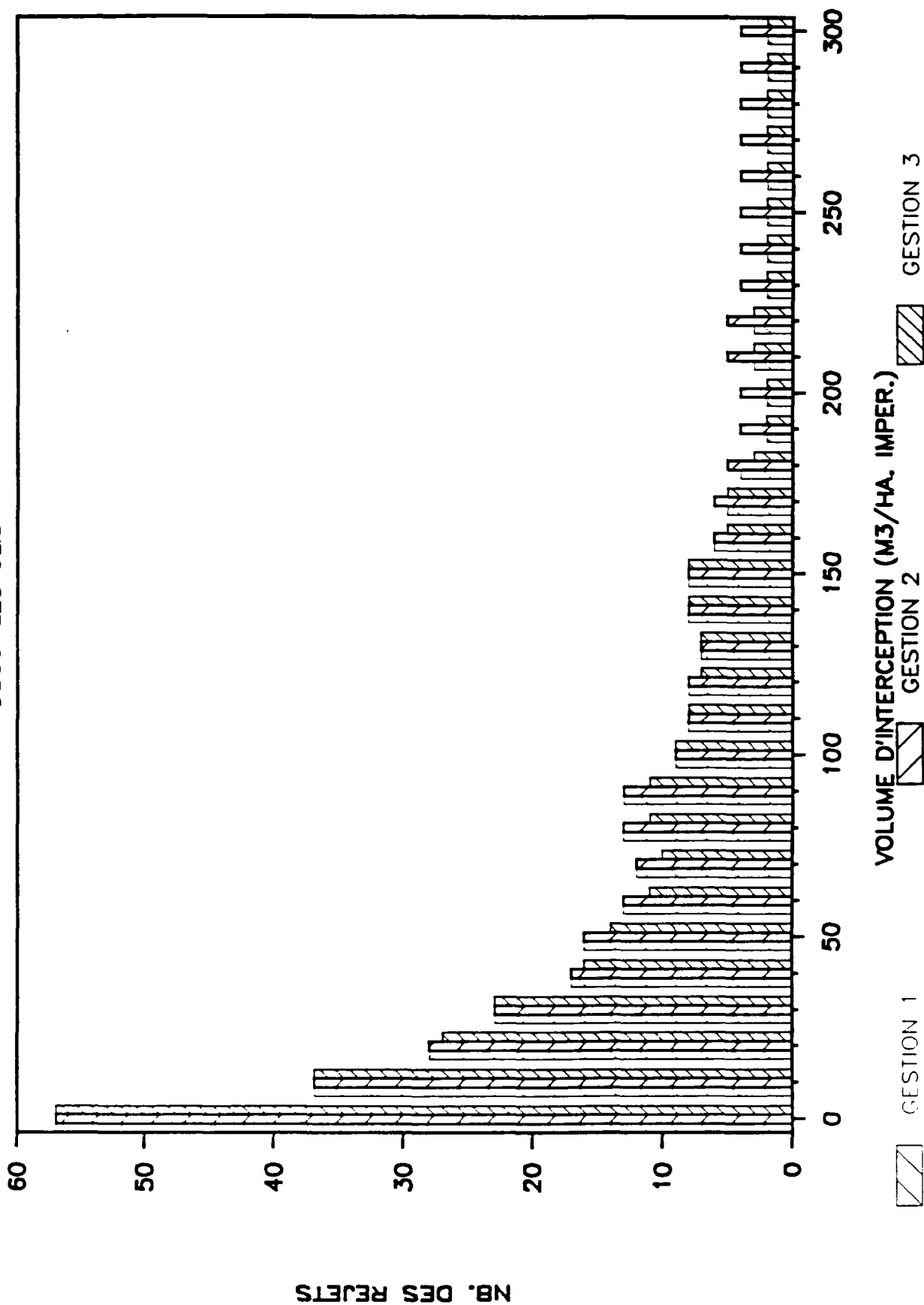
NB. DES EVENEMENTS (REJET=0 KG)

DB05-LES ULIS



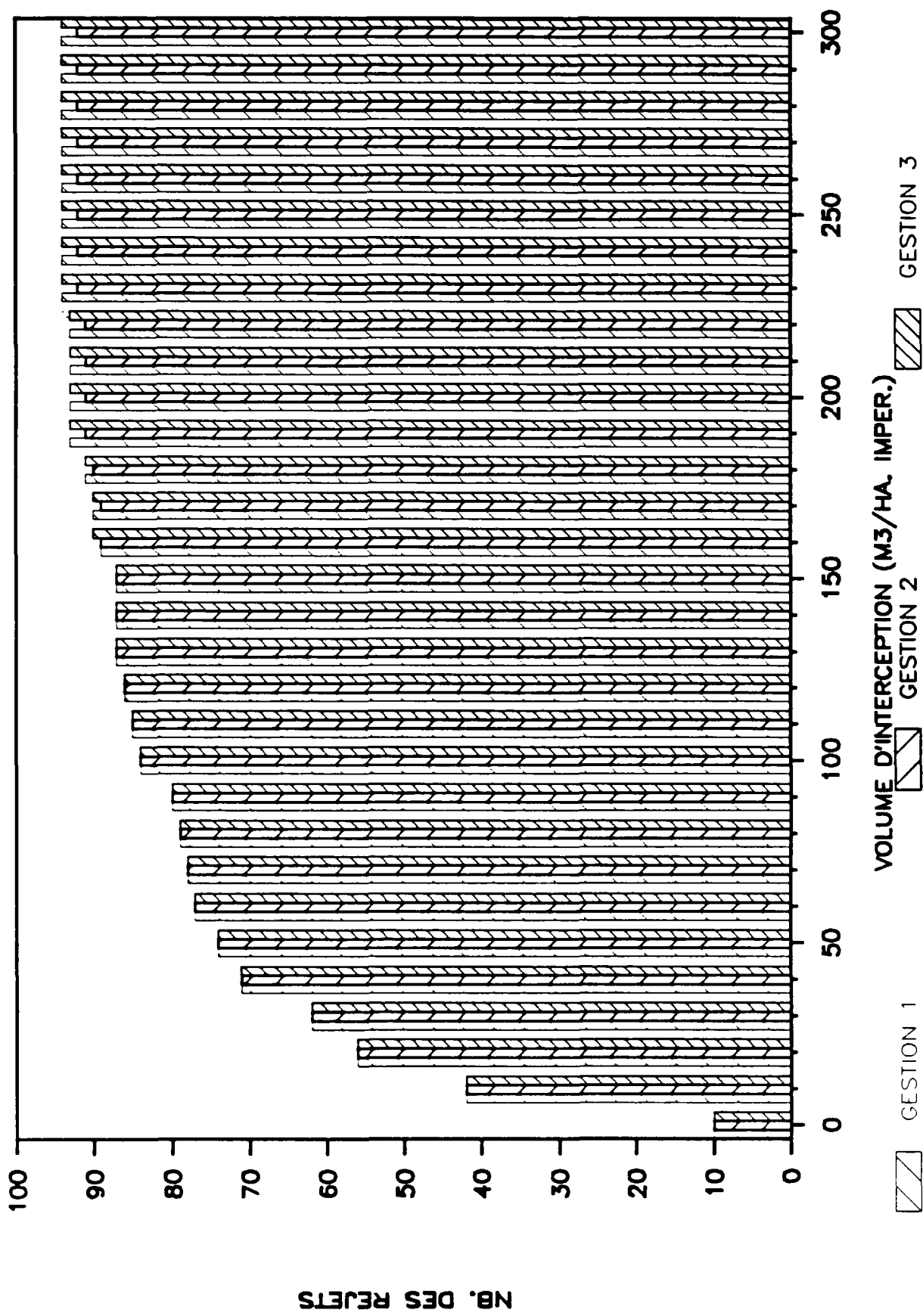
NB. DES REJETS(0.1%<= <1% masse par an)

DB05-LES ULIS



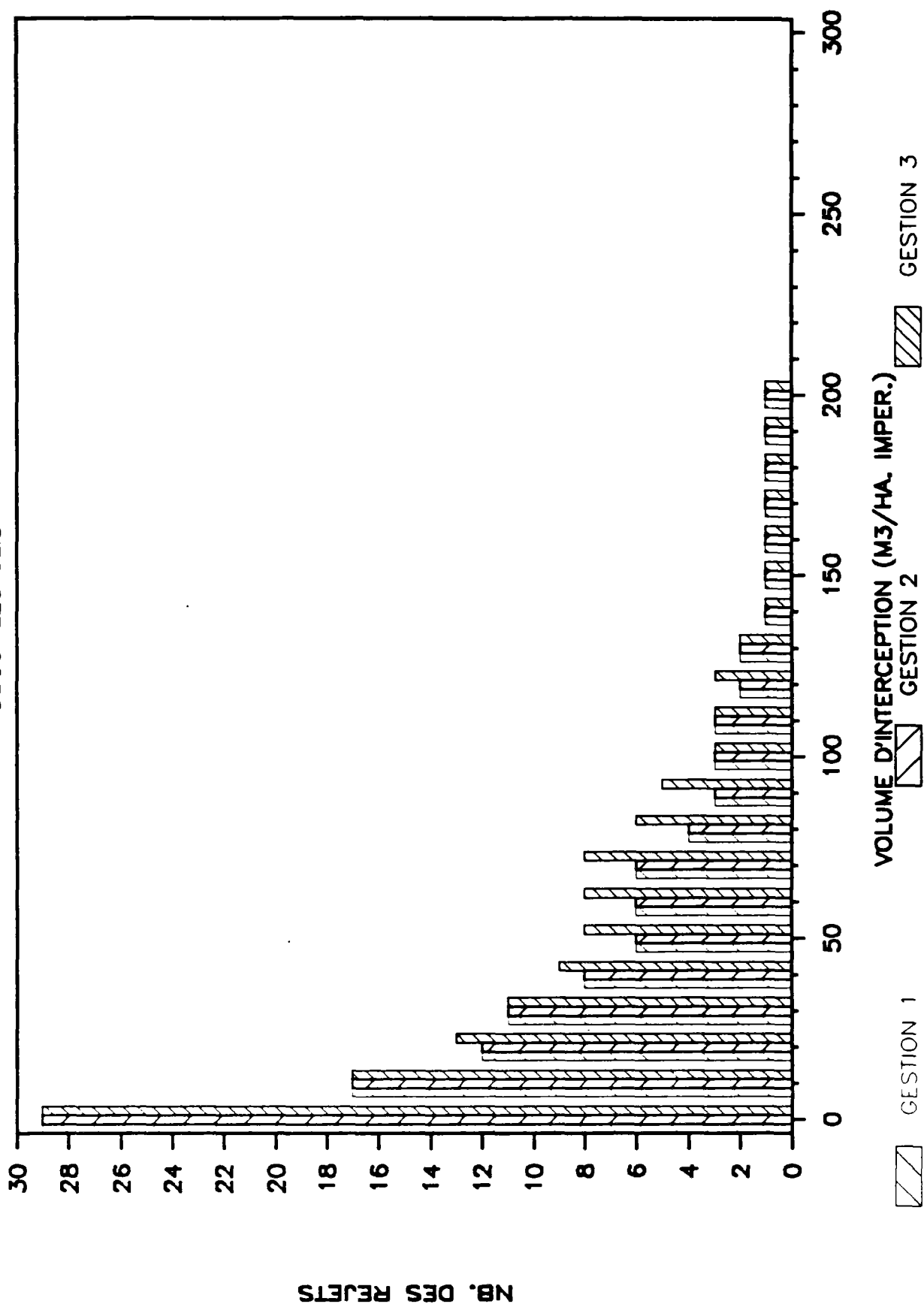
NB. DES REJETS (< 0.1% CHARGE ANNUELLE)

DB05-LES ULIS



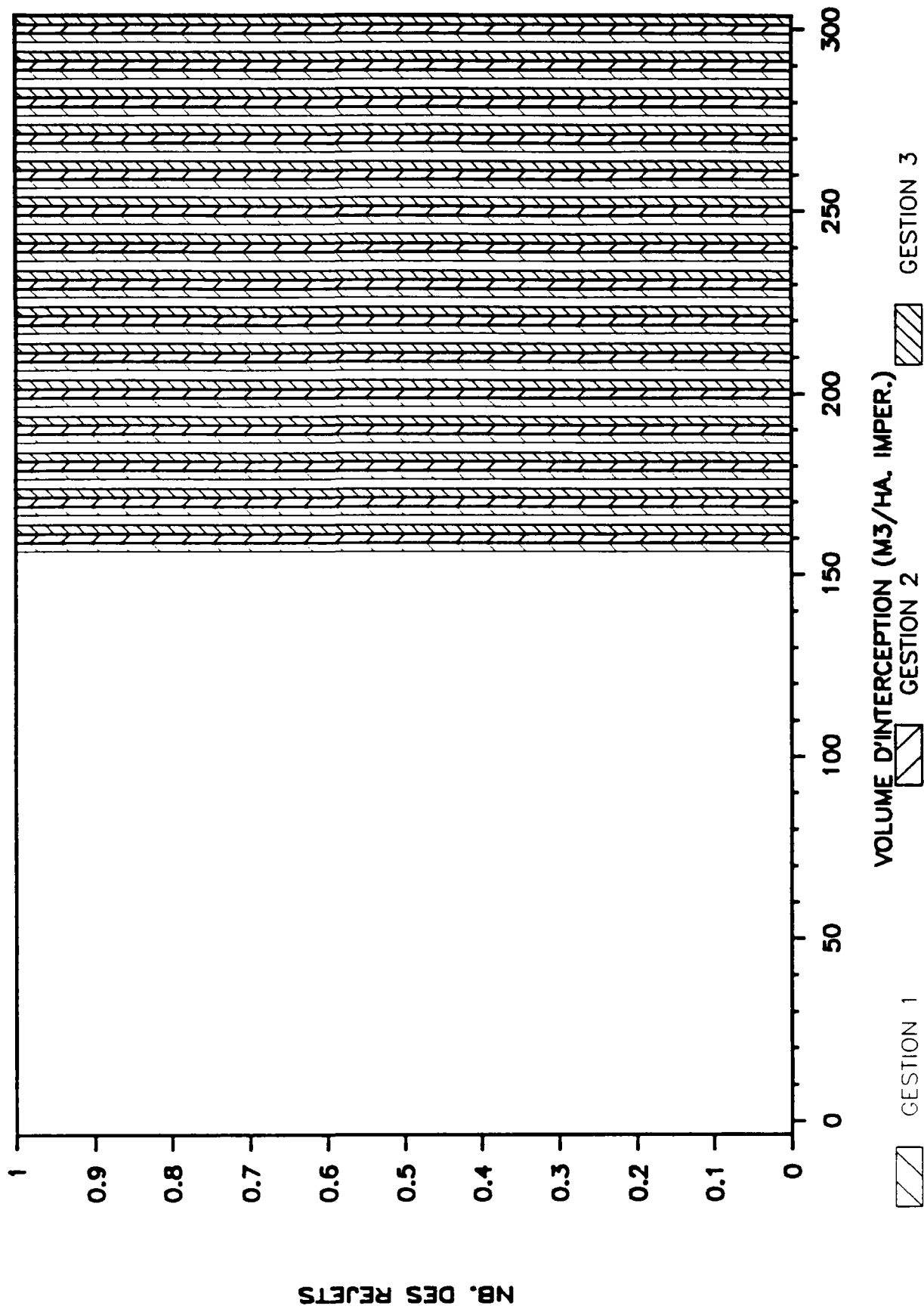
NB. DES REJETS(1%<= <5% MASSE PAR AN)

DB05--LES ULIS

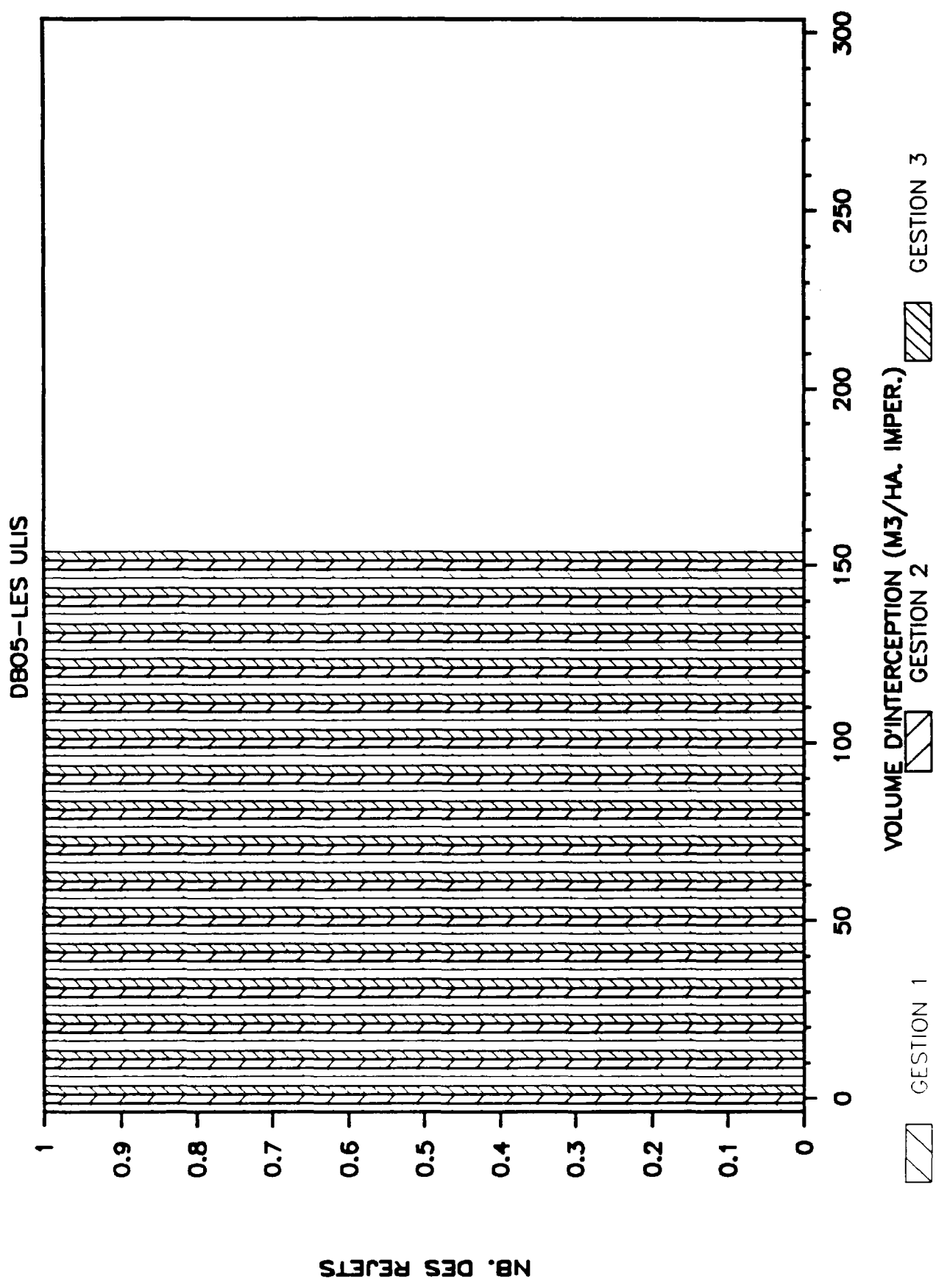


NB. DES REJETS(5%<= <10% MASSE PAR AN)

DBO5--LES ULIS



NB. DES REJETS ($\geq 10\%$ CHARGE ANNUELLE)



ANNEXES C 4.4

Vitesse de décantation théorique des Matières En Suspension des rejets pluviaux urbains dans des bassins de stockage de différentes profondeurs

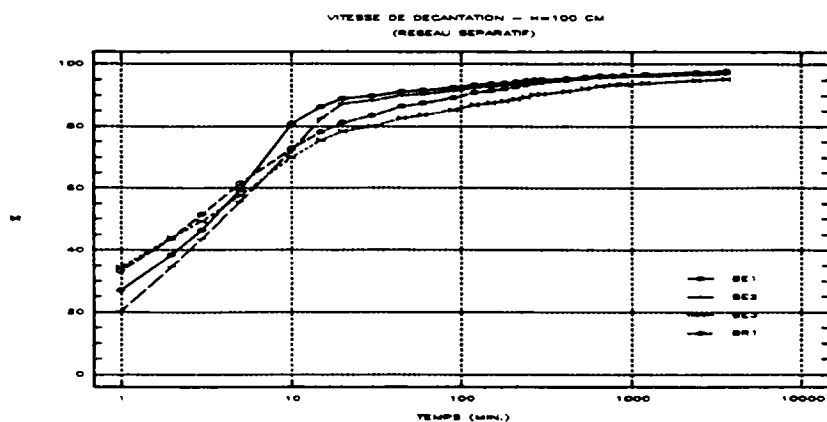


Figure : Vitesse de décantation théorique des Matières En Suspension des rejets pluviaux dans un bassin d'interception de 1 mètre de profondeur

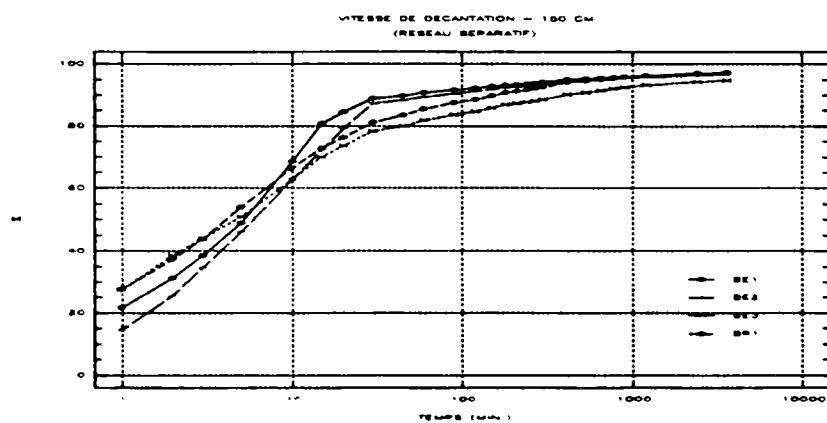


Figure : Vitesse de décantation théorique des Matières En Suspension des rejets pluviaux dans un bassin d'interception de 1.5 mètres de profondeur

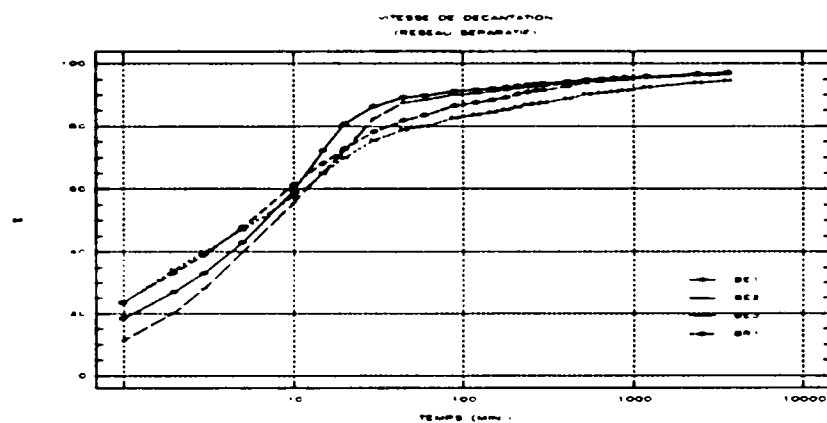


Figure : Vitesse de décantation théorique des Matières En Suspension des rejets pluviaux dans un bassin d'interception de 2 mètres de profondeur

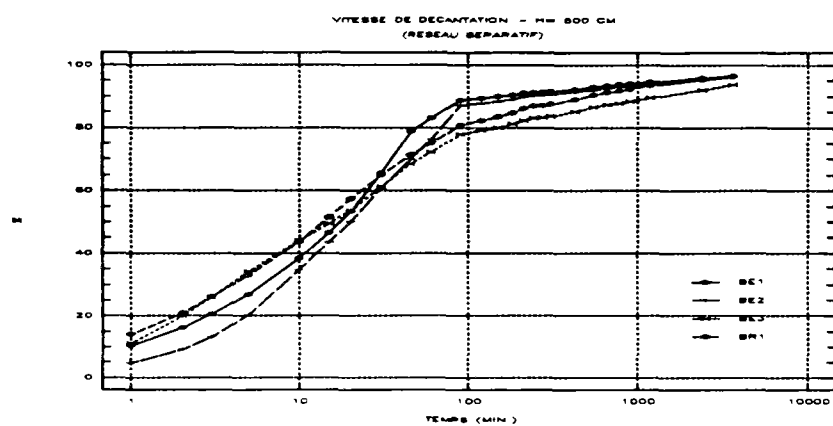


Figure : Vitesse de décantation théorique des Matières En Suspension des rejets pluviaux dans un bassin d'interception de 5 mètres de profondeur

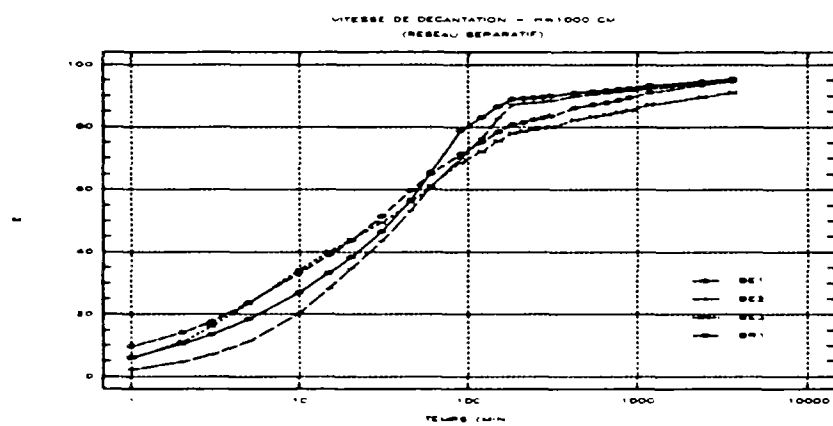


Figure : Vitesse de décantation théorique des Matières En Suspension des rejets pluviaux dans un bassin d'interception de 10 mètres de profondeur

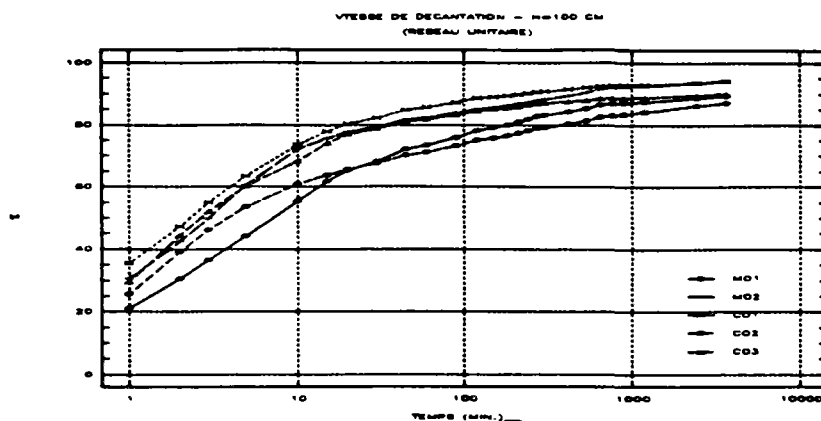


Figure : Vitesse de décantation théorique des Matières En Suspension des rejets unitaires dans un bassin d'interception de 1 mètre de profondeur

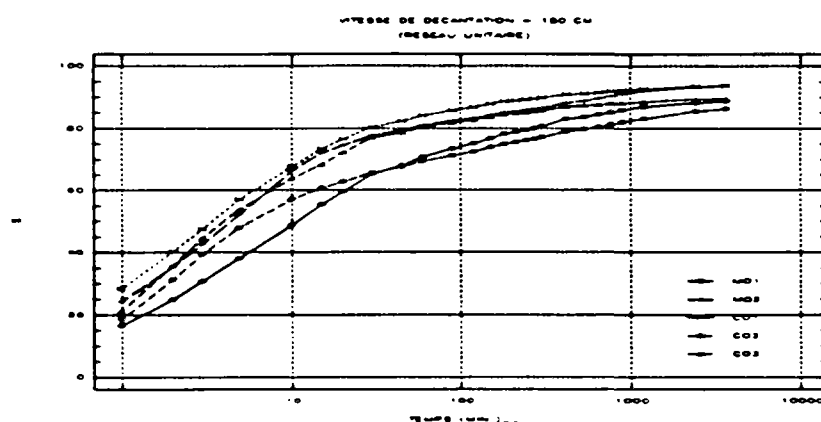


Figure : Vitesse de décantation théorique des Matières En Suspension des rejets unitaires dans un bassin d'interception de 1.5 mètres de profondeur

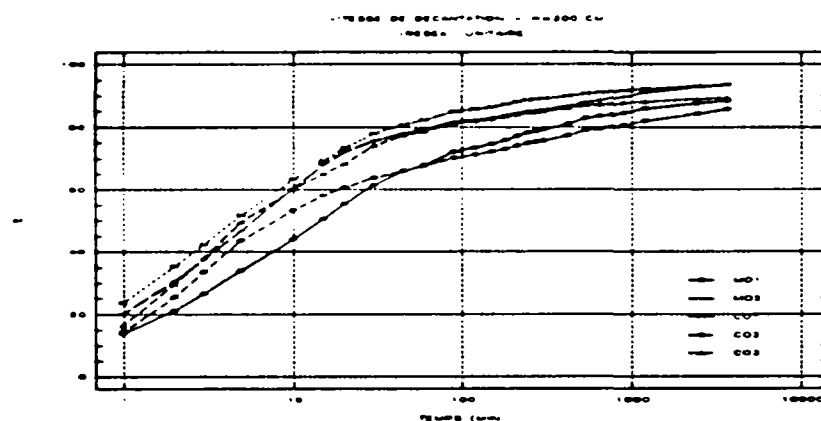


Figure : Vitesse de décantation théorique des Matières En Suspension des rejets unitaires dans un bassin d'interception de 2 mètres de profondeur

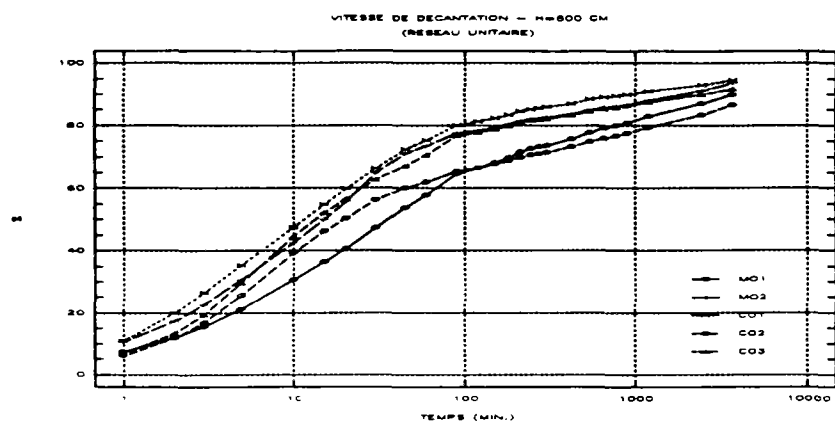


Figure : Vitesse de décantation théorique des Matières En Suspension des rejets unitaires dans un bassin d'interception de 5 mètres de profondeur

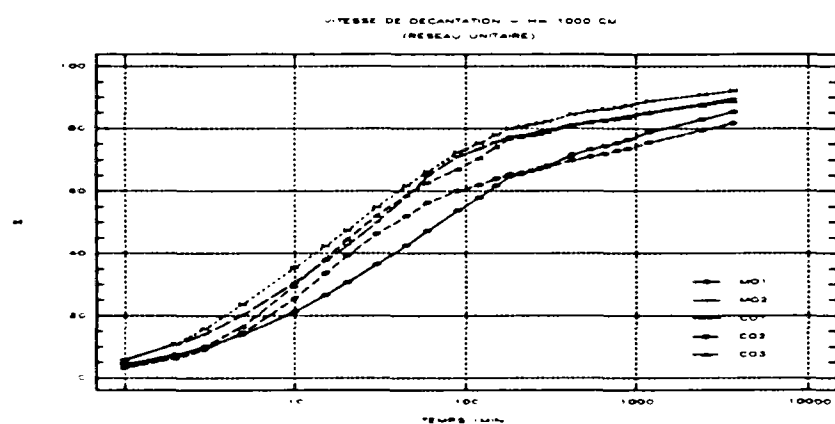


Figure : Vitesse de décantation théorique des Matières En Suspension des rejets unitaires dans un bassin d'interception de 10 mètres de profondeur